

Міністерство освіти і науки України
Дніпродзержинський державний технічний університет

Г.В. Левченко, В.М. Самохвал

ТЕХНОЛОГІЯ ЯКОСТІ І СЕРТИФІКАЦІЯ

Рекомендовано

Міністерством освіти і науки України

Навчальний посібник для студентів
металургійних спеціальностей
вищих навчальних закладів

Дніпродзержинськ
ДДТУ
2009

УДК 621.771:006.83(075.8)

Технологія якості і сертифікація. Навчальний посібник для студентів спеціальності 7.090404 — Обробка металів тиском / Левченко Г.В., Самохвал В.М. — Дніпродзержинськ, ДДТУ, 2009 р. — 117 с.

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України як навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів 15.12.2008р. (лист №1.4/18-Г 2671).

Навчальний посібник містить відомості з технології управління якістю та сертифікації продукції металургії, зокрема у прокатному виробництві, які становлять суттєву складову кваліфікації спеціалістів з обробки металів тиском.

Розглянуто основні етапи розвитку систем якості, найбільш поширені статистичні методи та сучасні тенденції у сфері управління якістю продукцією. Наведено відомості про основні показники якості продукції прокатного виробництва. Основу посібника складають методи забезпечення основних показників якості по видам прокату. Окремо розглянуто основні засоби забезпечення точності розмірів та механічних властивостей прокату. Детально розглянуто особливості систем управління якістю металургійних підприємств та сертифікації прокатної продукції.

Книга буде корисна, як студентам технічних вузів, так і інженерно-технічним працівникам підприємств, співробітникам науково-дослідних установ.

Рецензенти: **В.А. Тітов** — д-р техн. наук, проф., зав. каф. МПМ та РП Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»;
М.І. Ханін — д-р техн. наук, проф. Національної металургійної академії України;
В.О. Ніколаєв — д-р. техн. наук, проф. Запорізької державної інженерної академії;

Друкується за рішенням Вченої ради ДДТУ № 6 від 28.02.2008р.

ISBN 978-966-8551-75-8

© Левченко Г.В., Самохвал В.М.
© ДДТУ, 2009

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1. ОСНОВНІ ВИЗНАЧЕННЯ ТА ІСТОРІЯ РОЗВИТКУ СИСТЕМ ЯКОСТІ.....	6
2. ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ МЕТАЛОПРОКАТУ.....	10
2.1. Нормативна база показників якості металургійної продукції.....	10
2.2. Хімічний склад та класифікація сталей.....	12
2.3. Геометричні параметри прокату.....	23
2.4. Механічні властивості.....	27
2.5. Макро- і мікроструктура металу.....	30
2.6. Технологічні й експлуатаційні властивості.....	32
2.7. Стан поверхні.....	36
2.8. Маркування й упакування.....	41
3. ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТОЧНОСТІ ГЕОМЕТРИЧНИХ РОЗМІРІВ ТА ФОРМИ ПРОКАТУ.....	42
3.1. Забезпечення точності геометричних розмірів.....	42
3.2. Забезпечення форми та попередження скривлень і нерівностей прокату.....	51
4. ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТРУКТУРИ ТА ВЛАСТИВОСТЕЙ ПРОКАТУ.....	56
4.1. Вплив вихідного стану металу.....	56
4.2. Вплив технології в прокатних цехах.....	61
4.3. Забезпечення стабільності структури і механічних властивостей прокату.....	67

5. КЛАСИФІКАЦІЯ І ВИДАЛЕННЯ ДЕФЕКТІВ.....	71
5.1. Дефекти поверхні, обумовлені якістю зливка або ливої заготовки.....	72
5.2. Дефекти поверхні, що утворилися в процесі деформації.....	77
5.3. Дефекти поверхні, що утворилися при операціях доброби.....	83
6. СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ.....	86
6.1. Принципи створення та діяльності систем якості.....	86
6.2. Особливості систем якості металургійних підприємств.....	90
7. СЕРТИФІКАЦІЯ ПРОКАТНОЇ ПРОДУКЦІЇ.....	103
7.1. Основні принципи і системи сертифікації.....	103
7.2. Державна система сертифікації в Україні.....	108
7.3. Міжнародна сертифікація.....	113
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	116

ВСТУП

В умовах глобалізації світової економіки зростає конкурентна боротьба у всіх галузях, в тому числі і в металургії. Суттєве зростання випуску сталі та розширення пропозицій дозволяють споживачам обирати найбільш вигідні умови поставок металопродукції та обирати такі її властивості, які б гарантували ефективність подальших виробничих процесів. Тому виготовлення якісної продукції та пропозиція нових видів продукції з покращеними показниками стає першочерговим завданням виробників металу. У зв'язку з цим, забезпечення якості — стратегічна задача будь-якого підприємства, від успішного розв'язання якої залежить стабільність роботи підприємства і його місце на ринку металу.

До останнього часу у технічній літературі основна увага приділялась питанням попередження та усунення дефектів, підвищення якості прокатної продукції. Однак, як правило, кожне таке питання розглядалось відокремлено, без врахування всього комплексу факторів, які впливають на показники продукції. Зокрема, формування якості прокату відбувається на всіх металургійних переділах, включаючи виплавку і розливку сталі, її нагрівання, деформування, охолодження та інші допоміжні операції. Тому основною метою посібника є надання знань про показники якості різних видів прокатної продукції, про засоби та методи забезпечення відповідних показників, про системи управління якістю з врахуванням комплексного підходу.

Знання сучасних способів управління якістю продукції у виробничих процесах, структури систем управління якістю в масштабах підприємства, сертифікації продукції та систем якості є необхідною складовою кваліфікації будь-якого спеціаліста. Особливо важливі ці знання для спеціалістів з обробки металів тиском, як завершального переділу металургійного циклу.

1. ОСНОВНІ ВИЗНАЧЕННЯ ТА ІСТОРІЯ РОЗВИТКУ СИСТЕМ ЯКОСТІ

Якість продукції — це сукупність властивостей продукції, яка обумовлює її придатність задовольняти певні потреби людей у відповідності з своїм призначенням.

В сучасних умовах якість продукції має надзвичайно важливе значення. Вона набуває значення економічного чинника, який забезпечує розвиток виробничих процесів і визначає їх ефективність.

Якість у металургії в широкому розумінні складає відносне поняття. На початку ХХ століття хімічний склад і міцність практично вичерпували вимоги до якості сталі та виробів з неї. У наш час, у зв'язку з тим, що сталевий прокат у більшості випадків є сировиною або напівфабрикатом для багатьох інших галузей промисловості, вимоги до його якості значно зросли і урізноманітнилися.

Рівень якості прокату визначається, насамперед, точністю розмірів і форми, хімічним складом, фізико-механічними властивостями і станом поверхні. Крім цього, до показників якості прокату входять вимоги до властивостей, які обумовлені технологією подальшої обробки та експлуатації виробів, виготовлених з цього металу. Серед таких властивостей найбільш поширені такі: штампованість, зварюваність, прогартовуваність, холодостійкість, корозійна стійкість, стійкість до старіння та багато інших. Якість металопрокату визначають також за показниками його товарного вигляду — упакуванню і маркуванню.

Якість прокату — характеристика багатомірна. Прокат виявляється непридатним, якщо не виконується хоча б одна з багатьох норм, встановлених стандартами. А виконання майже кожної з них залежить не тільки від одного агрегату або режиму об-

робки на ньому, а від технології на всіх попередніх етапах металургійного виробництва.

У наступних розділах викладені основні вимоги до якості прокату в залежності від його призначення, способи контролю і заходи щодо підвищення якості, а також розглянуті системи керування якістю металопродукції. Але попередньо розглянемо основні етапи розвитку систем якості в промисловості.

Однією з перших систем забезпечення якості в промисловості на початку ХХ сторіччя стала *«система Тейлора»*. В цій системі був узагальнений і розвинений досвід накопичений на машинобудівних підприємствах. Основними елементами цієї системи стали: впровадження понять допусків; впровадження технічних умов; запровадження посади «інспектора з якості»; використання спеціалізованих засобів вимірювань. Створення системи розпочалося з впровадження понять верхньої і нижньої границь для контрольованих параметрів, які пізніше трансформувались в поняття «поле допусків». Для документального оформлення поля допуску і створення можливості організаційно впливати на дотримання полів допусків були впроваджені «технічні умови», як нормативно-технічний документ. Наступним кроком стало впровадження посади «інспектор якості», або «технічний контролер». Для забезпечення продуктивної праці контролерів стали використовувати «спеціалізовані засоби вимірювань». Зокрема для контролю лінійних розмірів і форми виробів стали використовувати граничні шаблони (калібри, приймальні калібри-скоби). При суцільному контролі виробів їх розділяли на придатні — «якісні» і непридатні — брак.

Система Тейлора дозволила створити дієвий механізм керування якістю продукції, з використанням адміністративних заходів, технічних засобів і застосуванням економічних санкцій до працівників, які виготовляють дефектну продукцію.

Саме таку систему забезпечення якості використовував Генрі Форд. Такі системи, з деякими удосконаленнями, і дотепер використовуються на більшості металургійних підприємств. Система Тейлора не втратила актуальності і в наш час, але як складова більш досконалих систем.

Другий етап розвитку систем якості розпочався з 1924 року, коли в американській фірмі БЕЛЛ була створена група з забезпечення якості під керівництвом доктора Р. Джонса. Результатом науково-дослідної роботи цієї групи стало впровадження системи керування якістю на основі статистичних методів. Саме цією групою були впроваджені таблиці вибіркового контролю і контрольні карти. Використання статистичних методів дало можливість створити якісно нову форму представлення інформації про якість продукції — фактично в більш компактній, а тому більш зручній формі. Це значно полегшувало процеси керування виробництвом, давало можливість керівникам приймати рішення не на основі інтуїції або емоцій, а на основі об'єктивної інформації.

Третій етап розвитку систем якості розпочався приблизно в 50-ті роки. Цей етап пов'язаний з роботами доктора Е. Демінга. На запрошення Японського союзу вчених та інженерів Демінг прочитав цикл лекцій під загальною назвою «Елементарні принципи статистичного контролю якості». Йому вдалось переконати керівників вищого рангу у важливості забезпечення якості продукції, зокрема шляхом застосування статистичних методів. Подальше «японське диво» пов'язують саме з свідомою орієнтацією на якість у загальнонаціональному масштабі. Персонал японських фірм, від керівників до робітників, сприйняли як керівництво до дії аксіому ринкової економіки:

«без якості нема успіху у бізнесі».

Варто відзначити, що питання управління якістю вирішувались не тільки у США та Японії. У колишньому СРСР теж були

приклади успішного впровадження систем управління якістю. Так у середині 50-х років була впроваджена Саратовська система бездефектного виготовлення продукції (БВП). Сутність системи зводилась до врахування контролерами ВТК кількості продукції зданої з першого пред'явлення. В залежності від цього показника встановлювались відповідні моральні та матеріальні заохочення. В подальшому була розроблена система «бездефектної праці» (СБП), за якою враховувалась не тільки кількість продукції, зданої з першого пред'явлення, але також ритмічність та загальна культура виробництва. Найбільш досконалою стала «комплексна система управління якістю продукцією», яку впровадили у 70-х роках на кількох підприємствах Львівської області.

Третій етап характеризується не скільки широким впровадження статистичних методів, як переходом до комплексного управління якістю.

З врахуванням досвіду накопиченого японськими промисловцями третій етап розвитку систем якості називають етапом «загального контролю якості», або TQM — Total Quality Menegment.

Четвертий етап розвитку систем якості розпочинається на рубежі 80-х років. Цей етап характеризується переходом до універсальних принципів управління якістю, які зводяться до впровадження міжнародних стандартів на системи якості. Незважаючи на те, що міжнародні стандарти мають характер рекомендацій, більшість фірм випускають продукцію у відповідності з такими стандартами, що забезпечує конкурентноздатність їхньої продукції. Міжнародні стандарти — це широко відомі стандарти Міжнародної організації стандартизації (ISO) серії 9000 та 10000. Однією з особливостей цього етапу розвитку систем якості є розробка та поступове впровадження систем, які орієнтовані на випуск бездефектної продукції Quality Free Defects (QFD).

2. ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ МЕТАЛОПРОКАТУ

2.1. Нормативна база показників якості металургійної продукції

Один з основних методів ефективного впливу на якість продукції — це її стандартизація. Понад 95 % продукції металургії стандартизовано, тобто виготовляється у відповідності з вимогами певних стандартів.

Стандарти є мірою якості — еталонами, що встановлюють кількісні показники основних властивостей, сукупність яких дозволяє визначати відповідність продукції своєму основному призначенню. Стандарт і якість — поняття нероздільні і взаємно впливають один на одного. Це постійно триваючий процес, який відбувається приблизно за такою схемою:

- діючі стандарти встановлюють параметри продукції з врахуванням досягнутого рівня науки, техніки та передового практичного досвіду;

- для забезпечення конкурентоздатності продукції виробники прагнуть поліпшити її параметри, тобто перевищити вимоги стандартів за окремими показниками якості, застосовуючи наукові, конструкторські та технологічні розробки;

- з часом такі поліпшені показники стають загальноприйнятими, входять у повсякденну практику і відображаються у стандартах.

Більшість промислово розвинених країн мають свої національні стандарти на металопродукцію і системи стандартизації (наприклад, стандарти США — А8ТМ, Німеччини — БШ, Великої Британії — В8, Японії — Л8 та ін.). Відомі також міждержавні стандарти, такі як міжнародні І8О, європейські Е>1, або ГОСТ (на теренах колишнього СРСР). Виробники можуть за контрактами виготовляти продукцію у відповідності з вимогами нормативної докумен-

тації країни замовника, але у межах своєї країни діють лише національні стандарти. Зокрема, на території України діють національні стандарти — державний стандарт України (ДСТУ, можливо впровадження ДСТУ І80, ДСТУ ЕІГ), а також міждержавні ГОСТи.

Крім державних стандартів (ДСТУ, ГОСТ), підприємства в Україні керуються вимогами технічних умов (ТУ У). На відміну від ДСТУ, що поширюються в основному на масові види металопродукції, ТУ розробляються на окремі види прокату (наприклад, новий профіль) з метою конкретизації або встановлення більш жорстких вимог по окремим показникам. Технічні умови, на відміну від державних стандартів, з урахуванням запитів споживача часто містять ряд додаткових якісних характеристик.

У залежності від призначення, стандарти, за якими виготовляється металопрокат, розділяються на такі основні групи:

- стандарти на марки сталі , наприклад, ДСТУ 2651-2005 (ГОСТ 380-2005) “Сталь вуглецева звичайної якості. Марки”;
- стандарти на сортамент, наприклад, ДСТУ 2251-93 (ГОСТ 8509-93) “Кутики сталеві гарячекатані рівнополичні. Сортамент”; ГОСТ 19903-74 “Прокат листовий холоднокатаний. Сортамент”;
- стандарти на технічні умови, наприклад, ДСТУ 3683-98 “Катанка сталева канатна. Технічні умови”; ДСТУ 3760-98 “Прокат арматурний для залізобетонних конструкцій. Загальні технічні умови”;
- стандарти на правила відбору проб і методи випробувань, наприклад, ГОСТ 7564-97 “Прокат. Загальні правила відбору проб, заготовок і зразків для механічних і технологічних випробувань”; ГОСТ 14019-80 “Метали. Методи випробувань на згин”;
- стандарти на правила приймання, маркування, упакування, транспортування і зберігання, наприклад, ДСТУ 3058-95 “Металопродукція. Приймання, маркування, пакування, транспортування та зберігання”.

Крім цього застосовують стандарти для окремих понять та визначень, наприклад, ГОСТ 29273 "Зварюваність. Визначення".

Використовуючи, за основу вимоги відповідних стандартів, розглянемо основні групи показників якості металопродукції.

2.2. Хімічний склад та класифікація сталей

Переважає більшість видів прокату виготовляється з сталі.

Згідно з діючим національним стандартом ДСТУ EN 10020-2002, який ідентичний EN 10020/AC:1991 сталь визначається як матеріал, у якому масова частка заліза перевищує масову частку будь-якого іншого окремого елемента, та який містить в цілому менше ніж 2 % вуглецю, а також деякі інші елементи.

За цим стандартом використовується класифікація сталей за **хімічним складом** та за **класами якості**.

За хімічним складом сталі класифікують як **нелеговані** та **леговані**. Класифікація базується на плавковому аналізі згідно зі стандартом або технічними умовами та визначається за мінімальними значеннями, встановленими для кожного елемента.

Сталь вважають **нелегованою**, якщо вміст окремих хімічних елементів в жодному разі не досягає граничних значень, наведених у таблиці 2.1. У випадках, коли для наведених елементів, крім марганцю, максимальне значення встановлено тільки для плавильного аналізу, для класифікації слід брати 70 % цього максимального значення. Якщо для марганцю вказана гранична кількість 1,80 %, правило 70 % не використовують, тобто сталь з вмістом марганцю менше 1,80 % вважається нелегованою.

Сталь вважають **легованою**, якщо вміст окремих елементів хоча б в одному випадку досягає або перевищує граничні значення, вказані в таблиці 2.1.

За класами якості сталі розділяють на базові, якісні та спеціальні.

Таблиця 2.1. Граничні значення вмісту елементів для класифікації на нелеговану та леговану сталь

Елементи	Граничне значення (масова частка, %)
Al алюміній	0,10
B бор	0,0008
Bi вісмут	0,10
Co кобальт	0,10
Cr хром ¹⁾	0,30
Cu мідь ¹⁾	0,40
La лантаноїди (кожен)	0,05
Mn марганець	1,65 ³⁾
Mo молібден ¹⁾	0,08
Nb ніобій	0,06
Ni нікель	0,30
Pb свинець	0,40
Se селен	0,10
Si кремній	0,50
Te телур	0,10
Ti титан ²⁾	0,05
V ванадій ²⁾	0,10
W вольфрам	0,10
Zr цирконій ²⁾	0,05
Інші (крім вуглецю, фосфору, сірки, азоту)	0,05

Примітки: 1) У випадку, коли кількість легуючих домішок складається з двох, трьох або чотирьох елементів, а вміст менший ніж наведений у таблиці, гранична кількість, що її використовують для класифікації, становить 70 % від суми граничних значень трьох або чотирьох елементів.

2) Правило у виносці 1) відносять до даної групи елементів.

3) Якщо для марганцю вказана гранична кількість 1,80 %, правило 70 % у цьому випадку не використовують.

Нелеговані базові сталі являють собою групи сталі з вимогами до якості, виконання яких не потребує спеціальних процесів під час виготовлення. Такі сталі задовольняють таким чотирьом умовам:

- a) не потрібно термічне оброблення;
- b) властивості встановлені стандартами або технічними умовами на продукцію, отримано в стані після прокатування або нормалізації та відповідають зазначеним у таблиці 2.2;
- c) інші вимоги до якості (наприклад, придатність для холодного штампування, волочіння, холодного висаджування) не встановлено;
- d) вміст інших легуючих елементів, крім марганцю та кремнію, не нормують.

Таблиця 2.2. Граничні значення нормованих властивостей базової сталі

Нормовані характеристики	Товщина, мм	Випробування за ЕУ	Граничне значення
Мінімальний тимчасовий опір, R_m	≤ 16	2 або 11	$\leq 690 \text{ Н/мм}^2$
Мінімальна границя текучості, R_e	≤ 16	2 або 11	$\leq 360 \text{ Н/мм}^2$
Мінімальне видовження, δ , %	≤ 16	2 або 11	$\leq 26 \%$
Мінімальний діаметр оправки для випробувань на згин	≤ 3	6	$\geq 1e^2$
Мінімальне значення ударної в'язкості за температури $+20 \text{ }^\circ\text{C}$ для зразка ISO з V-подібним надрізом	$\geq 10 \leq 16$	45	$\leq 27 \text{ Дж}$
Максимальний вміст вуглецю			$\geq 0,10\%$
Максимальний вміст фосфору			$\geq 0,045\%$
Максимальний вміст сірки			$\geq 0,045\%$

Нелеговані якісні сталі — це сталі, до яких в цілому не ставлять особливих вимог щодо термообробки або чистоти за не-

металевими включеннями. Згідно з умовами використання до таких сталей пред'являють жорсткіші вимоги (наприклад за ударною в'язкістю, розмірам зерна, здатності до деформації), ніж до базової сталі.

Нелеговані спеціальні сталі мають вищий ступінь чистоти за неметалевими включеннями, ніж якісна сталь. У більшості випадків вони призначені для загартовування та відпускання або поверхневого загартування та характеризуються сумісністю з термічним оброблянням. Покращення властивостей досягають за допомогою точного контролювання хімічного складу та особливою увагою до дотримання технологічного процесу. Такі сталі відповідають одній або декільком із наступних вимог:

- a) нормування ударної в'язкості в загартованому або відпущеному стані;
- b) нормування твердості на глибину або поверхневої твердості після загартування та відпусчення або зміцнення поверхні;
- c) низький нормований вміст неметалевих домішок;
- d) нормування максимального вмісту фосфору та сірки:
 - за плавковим аналізом $\leq 0,020$ %;
 - за аналізом продукції $\leq 0,025$ % (наприклад круглий прокат для високоміцних пружин, металокорду та ін.);
- e) нормування ударної в'язкості більше ніж 27 Дж за температури -50 °С, отриманої на повздовжньому зразку ISO з V-подібним надрізом;
- f) сталь для ядерних реакторів з подальшим обмеженням вмісту елементів у готовій продукції: мідь $\leq 0,10$ %, кобальт $\leq 0,05$ %, ванадій $\leq 0,05$ %;
- g) нормування електропровідності > 9 Ом·м/мм²;
- h) це повинна бути дисперсійнотужавка (дисперсійно твердіюча, що зміцнюється , наприклад шляхом контрольованого

охлажденням з температури гарячого деформування) сталь з мінімальним вмістом вуглецю 0,25 % та більше за ковшовою пробою та з феритно-перлітною мікроструктурою, яка містить один або декілька таких легуючих елементів, як ніобій або ванадій, вміст яких менший граничних значень для легованих сталей;

і) попередньо напружені сталі.

Для легованих сталей виділяють **якісні та спеціальні сталі**.

Леговану якісну сталь використовують там само, що і не-леговану, але задані властивості потребують додавання легуючих елементів у кількості, яка перевищує граничні значення, наведені в таблиці 2.1. Леговані якісні сталі не призначені для загартування та відпускання або поверхневого зміцнення. Такі сталі відповідають вимогам:

а) мінімальна встановлена границя текучості $< 380 \text{ Н/мм}^2$ за товщини $\leq 16 \text{ мм}$;

б) вміст легуючих елементів, визначений згідно таблиці 2.1, менший ніж граничні значення, наведені в таблиці 2.3, з урахуванням деяких комбінацій легувальних елементів;

с) нормована ударна в'язкість $\leq 27 \text{ Дж}$ за температури $— 50 \text{ }^\circ\text{C}$ для зразка ISO з V-подібним надрізом.

До цієї групи також відносять такі сталі:

□ електротехнічні, які містять тільки кремній або кремній та алюміній, та відповідають вимогам за магнітними втратами, за мінімальними значеннями магнітної індукції, поляризації або проникності;

□ леговані сталі для рейок, шпунтових паль та шахтних конструкцій;

□ леговані сталі для гаряче- або холоднокатаних плоских виробів, які використовують для холодного штампування, що містять елементи, які роблять зерно дрібним (тобто такі як бор, ніобій, титан, ванадій та/або цирконій, або “двофазні сталі”);

□ леговані сталі з обов'язковим легуванням міддю.

Таблиця 2.3. Зварювана дрібнозерниста легована сталь. Граничні значення для розподілу на якісну та спеціальну сталь за хімічним складом

Елементи	Граничні значення (масова частка, %)
Cr хром	0,50
Cu мідь	0,50
La лантаноїди	0,06
Mn марганець	1,80
Mo молібден	0,10
Nb ніобій	0,08
Ni нікель	0,50
Ti титан	0,12
V ванадій	0,12
Zr цирконій	0,12
Інші елементи	згідно таблиці 1

Легована спеціальна сталь характеризується точністю контролювання хімічного складу, особливими умовами виготовлення та процедурою контролювання, щоб забезпечити отримання заданих властивостей, часто в поєднанні, у суворо встановлених границях. До цього класу відносять :

- неіржавкі сталі;
- термотривкі та тривкі до повзучості сталі;
- підшипникові або інструментальні сталі;
- машинобудівні сталі;
- спеціальні конструкційні;
- сталі з особливими фізичними властивостями.

Наприклад, неіржавкі сталі містять $\leq 1,20$ % вуглецю, $\geq 10,5$ % хрому та розділяються за вмістом нікелю: а) $< 2,5$ %; б) $\geq 2,5$ %. Швидкорізальні сталі містять такі елементи як молібден, вольфрам або ванадій із загальним вмістом (за масовою час-

ткою) не менше ніж 7 % та не менше 0,6 % вуглецю, та від 3 до 6 % хрому.

На додаток до наведеної базової класифікації використовують додаткові уточнюючі класифікації. Так галузевий стандарт СОУ МПП 01.040.77-055:2004 визначає класифікацію сталей за хімічним складом та за властивостями і/або призначенням.

За хімічним складом нелеговані сталі класифікують на:

низько вуглецеві (масова частка вуглецю не перевищує 0,25 %);

середньо вуглецеві (масова частка вуглецю від 0,25 до 0,60 %);

високо вуглецеві (масова частка вуглецю понад 0,60 %).

Леговані сталі, по аналогії, розділяють на **низьколеговані, середньо леговані та високолеговані.**

До **низьколегованих** відносять сталі леговані одним елементом, масова частка якого не перевищує 2 % (за верхньою границею), або кількома елементами з сумарним вмістом за масою 3,5 % (за верхньою границею).

Сталь, леговану одним елементом, масова частка якого не перевищує 8 % (за верхньою границею), або кількома елементами з сумарною масовою часткою не більше 12 % (за верхньою границею), відносять до **середньолегованих.**

Сталь, в якій сумарна масова частка легувальних елементів більше 10 % (за верхньою границею), з масовою часткою одного із елементів не менше 8 % (за нижньою границею) і з масовою часткою заліза більше 45 % відносять до **високолегованих.**

Високолеговані сталі з масовою часткою заліза, як правило, менше 45 %, називають **сплавами.**

Леговані сталі і сплави розділяють також за вмістом нікелю: **без нікелеві** (не містять нікель як легувальний елемент) та **нікелеві.**

За основними властивостями і/або призначенням сталі класифікують на:

- a) конструкційні: звичайної якості загального призначення;
 - якісна вуглецева;
 - низьколегована;
 - низьколегована для зварних конструкцій;
 - для армування бетону;
 - якісна;
 - якісна легована;
 - ресорно-пружинна;
 - підвищеної та високої оброблюваності;
 - підшипникова;
 - теплотривка;
- b) інструментальні: вуглецеві
 - леговані;
 - швидкорізальні;
- c) сталі і сплави з спеціальними властивостями:
 - електротехнічні;
 - корозійно тривкі (неіржавіючі);
 - жаротривкі;
 - жароміцні;
 - холодно тривкі;
- d) прецизійні сплави;
- e) сталь для зварювальних та наплавних матеріалів.

Наведені стандарти (ДСТУ EN 10020-2002 та СОУ МПП 01.040.77-055:2004) визначають лише загальну класифікацію сталей. Для більшості видів прокату хімічний склад регламентується іншими стандартами. Наприклад, **нелегована базова сталь** на металургійних підприємствах більш відома як **сталь вуглецева звичайної якості**. Ця група сталей виготовляється за стандартом ДСТУ 2651-2005 (ГОСТ 380-2005). З цих сталей виготовляють прокат гарячекатаний сортовий, фасонний, товстолистовий і тон-

колистий широкоштабовий, а також блюми, сляби, заготовку безперервно литу і катану, поковки, дріт та інші види металовиробів. Стандарт регламентує вміст у сталі лише таких елементів С, Mn, Si, S і Р (табл. 2.4).

Таблиця 2.4. Склад елементів у вуглецевих сталях звичайної якості (%)

Марка сталі	С	Mn	Si у сталі			S	P
			кп	пс	сп		
Ст0	≤0,23	—	—	—	—	0,06	0,07
Ст1	0,06—0,12	0,25—0,5	<0,05	0,05—0,15	0,12—0,30	0,05	0,04
Ст2	0,09—0,15	0,25—0,5	<0,05	0,05—0,15	0,12—0,30	0,05	0,04
Ст3	0,14—0,22	0,3—0,65	<0,05	0,05—0,15	0,12—0,30	0,05	0,04
Ст4	0,18—0,27	0,4—0,7	<0,05	0,05—0,15	0,12—0,30	0,05	0,04
Ст5	0,28—0,37	0,5—0,8	—	0,05—0,15	0,15—0,35	0,05	0,04
Ст6	0,38—0,49	0,5—0,8	—	0,05—0,15	0,15—0,35	0,05	0,04
Ст3Г	0,14—0,22	0,8—1,1	—	0,05—0,15	0,15—0,35	0,05	0,04
Ст5Г	0,28—0,37	0,8—1,2	—	0,05—0,15	0,15—0,35	0,05	0,04

Сортовий і листовий прокат, призначений для подальшої обробки тиском (висадка, витяжка, штампування) або механічної обробки (обточування, фрезерування і т.п.), виготовляють з вуглецевих **якісних сталей**, або за сучасною класифікацією **нелегованих якісних сталей**. Норми хімічного складу цих сталей встановлені ГОСТ 1050. Якісні сталі характеризуються більш низьким, ніж у сталей звичайної якості, вмістом шкідливих домішок (P < 0,04 % і S < 0,035 %). Маркують їх двозначними числами: 08, 10, 15, 20...60, що означає середній вміст вуглецю у сотих долях відсотка. В залежності від способу розкислення якісних сталей відрізняють киплячі (08кп, 10кп, 15кп, 18кп, 20кп), напівспокійні (08пс, 10пс, 15пс, 20пс) та спокійні сталі. Для спокійних сталей ступінь розкислення не вказується.

У стандартах встановлені граничні відхилення вмісту хімічних елементів. Причому ці норми більш жорсткі для прокату з якісної сталі. Наприклад, у таблиці 2.5 наведено відхилення за хімічним складом, що допускаються, в прокаті зі сталі звичайної якості ДСТУ 2651 і вуглецевої якісної (ГОСТ 1050).

Деякі стандарти на види прокату (наприклад, ГОСТ 14637 на товстолистовий і ГОСТ 535 на сортовий і фасонний прокат та ін.) встановлюють допустимі межі зниження масової частки одного з хімічних елементів: вуглецю або марганцю, але при забезпеченні необхідних механічних властивостей.

Таблиця 2.5. Граничні відхилення хімічного складу прокату (%)

Елемент	Сталь ГОСТ 380		Сталь ГОСТ 1050
	кп	пс и сп	
Вуглець	±0,030	-0,020...+0,030	±0,01
Марганець	+0,050 -0,040	+0,050 -0,030	±0,03
Кремній	—	+0,030 -0,020	±0,02 (для сталі сп)
Фосфор	+0,006	+0,005	+0,005

Прокат гарячекатаний товстолистовий для холодного штампування виготовляють за ГОСТ 4041 з якісних сталей марок 08кп, 08пс, 08Ю, 15кп, 15пс, 15ЮА та ін.

Прокат холоднокатаний для холодного штампування виготовляють за ГОСТ 9045 тільки з низьковуглецевих якісних сталей марок 08Ю, 08пс, 08кп.

Застосовуваний у металоконструкціях гарячекатаний фасонний і листовий прокат, гнуті профілі можуть виготовлятися за ГОСТ 19281 з низьколегованих сталей марок 09Г2, 09Г2С, 10ХНДП, 14Г2АФ і інших (всього 29 марок).

Прокат для холодного видавлювання і висаджування за ГОСТ 10702 може виготовлятися з вуглецевої сталі (вимоги до складу за ГОСТ 1050) і легованих сталей марок 15Х, 20Х...45Х, 15Г...45Г, 38ХС...30ХГА і багатьох інших (вимоги до складу за ГОСТ 4543).

Для низьколегованих і легованих сталей встановлені норми вмісту хімічних елементів не тільки в межах марочного складу, але і допустимі відхилення вмісту цих елементів у готовому прокаті.

У багатьох закордонних стандартах обмежується лише максимально допустимий вміст елементів у сталі. Тому, окремі сучасні вітчизняні стандарти також дають можливість виробнику самостійно визначати хімічний склад сталі, який забезпечує вимоги споживача до комплексу властивостей прокату. Наприклад, у ДСТУ 3780 "Прокат арматурний для залізобетонних конструкцій" для кожного класу міцності нормується тільки гранично допустима масова частка елементів у сталі по ковшовій пробі (табл. 2.6) і допустимі норми її перевищення у готовому прокаті.

Таблиця 2.6. Масові частки хімічних елементів у сталі по ковшовій пробі

Клас арматурного прокату	Масова частка, %, не більш				
	вуглець	кремній	марганець	фосфор	сірка
A240C	0,22	—	—	0,045	0,045
A300C					
A400C					
A500C	0,28	1,00	1,6	0,045	0,045
A600					
A600C					
A600K	0,32	2,40	2,3	0,040	0,040
A800					
A800K					
A1000					

У ГОСТ 19281 "Прокат зі сталі підвищеної міцності" для кожного з дев'яти класів міцності встановлений базовий хімічний склад — максимально припустимий вміст хімічних елементів (С, Mn, Si, Ti, V і ін.). Для виробництва сортового і листового прокату різних класів міцності і товщин у стандарті приведений перелік рекомендованих марок сталей. Виробник самостійно може вибрати хімічний склад сталі для виробництва прокату з необхідним рівнем властивостей.

2.3. Геометричні параметри прокату

Споживач повинен одержати метал у формі і розмірах, найбільш зручних й економічних для використання. З цієї точки зору сортамент металопродукату є складовою частиною його споживчої якості.

У сортаментних стандартах на прокат встановлюється оптимальна градація розмірів. Відомо, що інтереси і вимоги виробника і споживача металопродукату не завжди збігаються. Збільшення кількості розмірів у сортаментному ряді стандарту веде до зниження витрати металу і витрат на виробництво у споживачів, однак при цьому збільшуються витрати на виробництво прокату. Тому, у вітчизняних стандартах сортаментний ряд найбільш щільний у діапазоні розмірів прокату, потреба в яких максимальна. Для прикладу в табл. 2.7 показані рекомендовані ГОСТ 19904 розміри листового холоднокатаного прокату.

У той же час, стандартом допускається за вимогою споживача робити листи з розмірами, що відрізняються від номінальних, зазначених у табл. 2.7.

Таблиця 2.7. Ряд розмірів холоднокатаного листового прокату

Товщина	0,35; 0,40; 0,45; 0,50; 0,55; 0,60; 0,65; 0,70; 0,75; 0,80; 0,90; 1,00; 1,10; 1,20; 1,30; 1,40; 1,50; 1,60; 1,70; 1,80; 2,00; 2,20; 2,50; 2,80; 3,00; 3,20; 3,50; 3,80; 3,90; 4,00; 4,20; 4,50; 4,80; 5,00
Ширина	500; 550; 600; 650; 700; 750; 800; 850; 900; 950; 1000; 1100; 1200; 1250; 1400; 1450; 1500; 1600; 1700; 1800; 1900; 2000; 2100; 2200; 2300; 2350
Довжина	1000; 1100; 1200; 1300; 1400; 1420; 1500; 2000; 2200; 2500; 2800; 3000; 3500; 4000; 4200; 4500; 4750; 5000; 5500; 6000

Сортаментні стандарти регламентують і допустимі відхилення основних розмірів прокату, які значно впливають на стабільність процесу його виробництва і споживання.

Характерна двостороння система відхилень. Причому вона може бути симетричною, як, наприклад, у ГОСТ 19904 для холоднокатаного листового прокату. Для інших сортаментних стандартів характерна асиметрична система допустимих відхилень розмірів перерізу (менші плюсові і більші мінусові). Наприклад, у табл. 2.8 показані встановлені ГОСТ 2590 граничні відхилення по діаметру круглого сталевого прокату.

Крім цього, стандарти можуть встановлювати різні інтервали відхилень, що допускаються, у залежності від точності виготовлення прокату (див. наприклад, табл. 2.8).

Відповідно до вимог стандартів профіль усіх видів листового прокату повинен бути прямокутний. Неправильність профілю листів може проявлятися не тільки в нерівномірності товщини (у межах допуску) по їхній ширині. Задовільна ж якість сортового і фасонного прокату, насамперед, характеризується правильністю геометричної форми поперечного перерізу. Стандартами встановлені допустимі відхилення форми поперечного перерізу. Так,

наприклад, для круглого прокату овальність перетину (різниця між найбільшим і найменшим діаметрами) не повинна перевищувати 50 % суми допустимих відхилень по діаметру (ГОСТ 2590).

Таблиця 2.8. Граничні відхилення по діаметру круглого прокату

Діаметр, мм	Допустимі відхилення, мм, при точності прокату			Діаметр, мм	Допустимі відхилення, мм, при точності прокатки		
	А	Б	В		А	Б	В
5—9	+0,1	+0,1	+0,3	60—78	+0,1	+0,3	+0,5
	-0,2				-1,1	-1,1	
10—19	+0,1	-0,5	-0,5	80—97	+0,3	+0,3	+0,5
	-0,3				-1,1	-1,3	
20—25	+0,1	+0,2	+0,4	100—115	—	+0,6	+0,8
	-0,4	-0,5	-0,5				-2,0
26—28	+0,1	+0,2	+0,4	120—155	—	—	+0,9
	-0,4						-0,7
29—48	+0,1	-0,7	-0,7	160—200	—	—	+1,2
	-0,5						-1,0
50—58	+0,1	+0,2	+0,4				
	-0,7	-1,0	-1,1				

Для гарячекатаних рівнополічних кутових профілів (ГОСТ 8509) встановлені допустимі норми відхилення від прямого кута при вершині і притуплення зовнішніх кутів полиць.

Сортаментними стандартами встановлюються гранично допустимі відхилення по довжині і ширині прокату, зокрема для листового.

Наприклад, граничні відхилення по довжині холоднокатаного листового прокату, встановлені ГОСТ 19904, не повинні перевищувати значень наведених у таблиці 2.9.

Таблиця 2.9. Граничні відхилення по довжині листів, мм

Довжина, мм	Точність виготовлення		
	висока	підвищена	нормальна
До 1500 включ.	+2	+5	+15
Понад 1500 до 3000 включно	+3	+10	+20
Понад 3000	+3	+20	+25

Граничні відхилення по довжині мірного круглого прокату, встановлені ГОСТ 2590, не повинні перевищувати:

- + 30 мм — при довжині до 4 м;
- + 50 мм — при довжині понад 4 м до 6 м;
- + 70 мм — при довжині понад 6 м.

Для листового і сортового прокату стандартами встановлюються припустимі норми відхилень форми — площинності, серповидності, кривизни та ін. Наприклад, ГОСТ 19903 установлено, що відхилення від площинності на 1 м довжини гарячекатаної листової сталі не повинні перевищувати норм, зазначених у таблиці. 2.10.

Таблиця 2.10. Відхилення від площинності листів

Вид площинності	Відхилення від площинності листів при товщині сталі, мм, не більше		
	0,4—1,4	1,5—3,9	4,0 і більше
Особливо висока	8	8	5
Висока	10	10	8
Поліпшена	15	12	10
Нормальна	20	15	12

Серповидність гарячекатаної сталі, що постачається за ГОСТ 19903 у рулонах, не повинна перевищувати 10 мм на довжині 3 м, а телескопічність рулонів не більше 35—100 мм, залежно від товщини прокату.

Серповидність холоднокатаного листового прокату за ГОСТ 19904 не повинна перевищувати 3 мм на довжині 1 м, а телескопічність рулонного прокату не повинна бути вищою 30—60 мм, залежно від його товщини.

Кривизна прутків круглого прокату за ГОСТ 2590 не повинна перевищувати 0,5 % довжини, а кутового прокату за ГОСТ 8509 — не більше 0,4 %.

У цілому, чим більша кількість розмірів у сортаментному ряді прокату, що виготовляється, і вища точність його розмірів і форми, тим вища його якість і конкурентоспроможність.

Наприклад, використання прокату з відхиленнями від номінальних розмірів, переважно у межах плюсових допусків, приводить до помітної перевитрати металу. Кривий або овальний пруток не придатний для вирубки, висадки або загострення на верстатах-автоматах, тому що він може застрягнути в механізмі подачі. Значні коливання розмірів листів, навіть у межах допусків, можуть привести до погіршення якості виробів, які штамнуються.

В деяких випадках вимоги до форми і розмірів наведені у спеціальних розділах стандартів, що позначаються як «Загальні технічні умови» на окремі види прокату.

2.4. Механічні властивості

Сталевий прокат, як правило, є конструкційним матеріалом і тому одним з його основних показників якості — механічні властивості. Вони характеризують:

міцність — здатність витримувати при роботі в конструкціях достатні навантаження;

пластичність — здатність витримувати достатні деформації без руйнування як при виробництві конструкцій, так і при їхній експлуатації;

в'язкість — здатність поглинати роботу зовнішніх сил, перешкоджаючи поширенню тріщини.

Тому, в стандартах на технічні вимоги до прокату нормуються такі основні характеристики механічних властивостей:

- **границя текучості σ_T (σ_{02} , R_e), (Н/мм²)** — напруження в металі при початку пластичної течії, на яке орієнтовані всі розрахунки конструкцій.

- **тимчасовий опір σ_B ($\sigma_{Tч}$, R_m), (Н/мм²)** — характеризує максимальну несучу здатність матеріалу, його міцність, що передує руйнуванню.

- **відносне подовження δ (%) і відносне звуження ψ (%)** — характеристики, що якісно визначають деформівність матеріалу і можливість використовувати прокат для наступного штампування, гнуття й інших операцій.

- **твердість (НВ, HRC або HV)** — характеризує здатність матеріалу опиратися пластичній деформації (уведення в його поверхню твердого тіла).

- **ударна в'язкість KCU, KCV (Дж/см²)** — характеризує схильність металу до крихкого руйнування при динамічних навантаженнях. У зв'язку з тим, що в'язкість зменшується зі зниженням температури, а майже всі споруди і машини працюють цілий рік на відкритому повітрі, стандарти встановлюють норми її при різних температурах — звичайно +20 °С, -20 °С, -40 °С, -70 °С.

У залежності від виду і призначення прокату в стандартах на технічні вимоги нормуються різні показники механічних властивостей. Причому, можуть зазначатися як їх мінімально, так і максимально припустимі значення.

Як правило, для прокату, призначеного до наступного пластичного деформування, обмежують максимально допустимі зна-

чення, а для високоміцного конструкційного прокату — мінімально допустимі значення характеристик міцності.

Наприклад, у таблиці. 2.11 показані вимоги до механічних властивостей сортового і фасонного прокату з вуглецевої сталі звичайної якості.

У таблиці 2.12 показані вимоги до механічних властивостей сортового і фасонного прокату, але з низьколегованої сталі підвищеної міцності.

Таблиця 2.11. Механічні властивості сортового і фасонного прокату за ГОСТ 535

Марка сталі	Тимчасовий опір σ_b , Н/мм ² , для товщин, мм		Границя текучості σ_t , Н/мм ² , для товщин, мм					Відносне подовження δ_5 , %, для товщин, мм			Вигин до паралельності сторін (а — товщина зразка), d — діаметр оправки) для товщин, мм	
	до 10	більше 10	до 10	більше 10	більше 20	більше 40	більше 100	до 20	більше 20	більше 40		
			не менше							до 20	більше 20	
Ст3кп	360-460		235	235	225	215	185	27	26	24	d=a	d=2a
Ст3пс	370-480		245	245	235	225	205	26	25	23	d=a	d=2a
Ст3сп	380-490		255	245	235	225	205	26	25	23	d=a	d=2a
	370-480											
Ст4кп	400-510		255	255	245	235	225	25	24	22	d=2a	d=3a
Ст4пс	410-530		265	265	255	245	235	24	23	21	d=2a	d=3a
Ст5пс	490-630		285	285	275	265	255	20	19	17	d=3a	d=4a
Ст5сп	490-630		295	285	275	265	255	20	19	17	d=3a	d=4a
Ст6пс	Не менше 590		315	315	305	295	295	15	14	12	—	—

Таблиця 2.12. Механічні властивості сортового і фасонного прокату за ГОСТ 19281

Клас міцності	Товщина прокату, що постачається по даному класу міцності, мм, не більше	Границя текучості σ_T , Н/мм ²	Тимчасовий опір σ_B , Н/мм ²	Відносне подовження δ_5 , %	Вигин до паралельності сторін (а - товщина зразка, d - діаметр оправки)
		не менше			
265	100	265	430	21	d=2a
295	100	295	430		
325	60	325	450		
345	20	345	480		
375	10	375	510	18	
390	20	390	530		

Багатьма стандартами, здебільшого за узгодженням виробника зі споживачем, допускаються невеликі відхилення значень окремих нормованих характеристик механічних властивостей. Величина цих відхилень визначається призначенням прокату. Наприклад, ГОСТ 1050 допускає для прокату зі сталей марок 20—60 зниження, у порівнянні з нормами, тимчасового опору на 20 Н/мм² при одночасному підвищенні норми відносного подовження на 2 %.

2.5. Макро- і мікроструктура металу

Стандартами, в залежності від виду і призначення прокату, можуть встановлюватися певні вимоги до макро- і мікроструктури. Ці показники значною мірою визначають властивості і якість поверхні металу.

Макроструктура — будова металу (сталі) помітна візуально, без застосування збільшувальних засобів, на зламі зразків чи в перерізі зливків, прутків, поковок.

Мікроструктура — кристалічна будова металу, яку можна спостерігати з застосуванням збільшувальних засобів (мікроскопів).

Макро- та мікроструктура, насамперед, нормуються в прокаті з якісної сталі, призначеної для наступного штампування, волочіння та інших видів обробки.

Наприклад, макроструктура сортового прокату з вуглецевої якісної сталі за ГОСТ 1050 не повинна мати усадочної раковини, рихлості, бульбашок, розшарувань, внутрішніх тріщин, шлакових включень і флокенів. Крім цього, за вимогою споживача прокат, відповідно до ГОСТ 1050, може виготовлятися з нормованою в балах макроструктурою (табл. 2.13).

У стандартах на калібровану сталь для холодного видавлювання і висадки (ГОСТ 10702), на катанку сталеву канатну (ДСТУ 3683) і інших також встановлені вимоги до макроструктури.

У залежності від виду і призначення прокату в мікроструктурі може контролюватися розмір зерна фериту або інших структурних складових, їхня об'ємна частка, глибина знеуглецьованого шару й інші параметри.

Наприклад, у ГОСТ 10702 установлені наступні вимоги:

- величина аустенітного зерна в легованій сталі повинна бути не крупніше номера 5;

- у мікроструктурі гарячекатаної сталі марок 30, 35, 40, 30X, 38XA і 40X не повинно бути відманштеттової структури, а для каліброваної сталі тих же марок і грубопластинчастого перліту;

- загальна глибина знеуглецьованого шару з масовою часткою вуглецю 0,3 % і більше не повинна перевищувати 1,5 % на сторону.

Таблиця 2.13. Вимоги до макроструктури сортового прокату (в балах, не більше)

Центральна пористість	Точкова неоднорідність	Ліквацийний квадрат	Загальна плямиста ліквация	Крайова плямиста ліквация	Підсадочна ліквация для прокату розміром		Підкоркові бульбашки	Міжкристалітні тріщини
					до 70 мм	більше 70 мм		
3	3	3	2	1	1	2	не допускаються	

За ГОСТ 16523 для холоднокатаного прокату з вуглецевої якісної сталі 6-ї категорії для глибокої витяжки величина зерна фериту повинна бути не крупніше 6-го номера. Нормовані показники мікроструктури встановлені також у ГОСТ 9045, ДСТУ 3683 і ряді інших стандартів.

Недотримання необхідних норм макро- і мікроструктурних параметрів, як правило, приводить до браку готового прокату за властивостями і якістю поверхні або при його переробці у споживача.

2.6. Технологічні й експлуатаційні властивості

Залежно від призначення прокату стандартами можуть встановлюватися вимоги до його технологічних і експлуатаційних характеристик, нормовані показники яких визначаються умовами виготовлення й експлуатації металоконструкцій або споруд. Найбільш часто нормуються такі характеристики.

Пластичність. Для оцінки здатності металу, призначеного для подальшого деформування, витримувати пластичну деформацію призначають випробування зразків на вигин. Методика та-

ких випробувань регламентується ГОСТ 14019-80 («Металлы. Методы испытаний на изгиб»). Для проведення таких випробувань з прокату вирізають зразок з прямокутною формою перетину і згинають його на спеціальній оправці на заданий кут або до моменту появи першої тріщини на бічній поверхні зразка.

Зварюваність. Прокат, що застосовується у будівництві і трубному виробництві, повинен добре зварюватися. Тому такий прокат виготовляють з гарантією зварюваності. Зварюваність прокату забезпечується хімічним складом сталі і технологією виготовлення. Для прокату відповідального призначення стандартами може встановлюватися більш жорстка норма зварюваності. У цьому випадку умовним показником зварюваності є величина вуглецевого еквіваленту C_E — суми масових часток вуглецю і приведених до вмісту вуглецю масових часток легуючих елементів.

Наприклад, ДСТУ 3760 встановлено, що величина C_E розраховується за формулою:

$$C_E = C + \frac{Mn}{6} + \frac{(Cr + V + Mo)}{5} + \frac{(Cu + Ni)}{15},$$

або за формулою

$$C_E = C + \frac{Mn}{8} + \frac{Si}{7}$$

(для прокату зі сталі, легованої кремнієм).

Зварюваність арматурного прокату забезпечується технологією виготовлення і його хімічним складом, для чого величина C_E повинна бути в межах 0,30—0,52 — для класів А240С, А300С и А400С; 0,35—0,52 % — для класів А500С та 0,40—0,65 % — для класу А600С.

Аналогічно забезпеченням норм по величині C_E гарантується зварюваність сортового і листового прокату зі сталі підвищеної міцності (ГОСТ 19281).

Штампованість — найважливіший показник якості листового прокату, що використовується для виготовлення виробів методом холодного штампування. Для оцінки штампованості прокату споживачі орієнтуються на рівень механічних властивостей і структуру сталі, а також на нормовані показники технологічних випробувань.

Найвищі вимоги пред'являються до прокату тонколистового холоднокатаного з низьковуглецевої сталі, що використовується в автомобілебудуванні для холодного штампування (ГОСТ 9045). По здатності до витяжки такий прокат підрозділяється стандартом на чотири категорії: ВОСВ — досить особливо складна витяжка; ОСВ — особливо складна; СВ — складна; ВГ — досить глибока.

У залежності від категорії витяжки стандартом встановлені норми механічних (σ_T , $\sigma_{T.ч.}$, δ_5 , HRB) і технологічних (глибина сферичної лунки) властивостей, а також мікроструктури.

ГОСТ 4041 допускає за узгодженням виробника зі споживачем постачати гарячекатані листи по штампованості (з штампованістю, що гарантується). Умови постачання і контролю металу по штампованості визначаються також за узгодженням сторін.

ГОСТ 16523 розділяє холоднокатаний прокат товщиною до 2 мм різних груп міцності по здатності до витяжки на дві категорії: глибоку — Г і нормальну — Н. Залежно від товщини прокату і марки сталі в стандарті встановлені норми глибини лунки за **Еріксоном**.

Відповідно до вимог ГОСТ 10702 калібрована кругла, шестигранна сталь, що використовується для виготовлення виробів методом холодного видавлювання і висадки, повинна мати високу здатність витримувати значні деформації в холодному стані. Стандартом цей прокат підрозділяють на три групи гарантованого ступеня осаджування — 50, 66 і 75. Це означає, що величина

деформації при холодному осаджуванні без утворення тріщин і надривів металу групи 50 повинна бути не менше $1/2$ початкової висоти зразка, а груп 66 і 75, відповідно $2/3$ і $3/4$.

Старіння сталі. У низьковуглецевій сталі спостерігається зміна властивостей при зберіганні, експлуатації (старіння) або після пластичної деформації (деформаційне старіння). Старіння обумовлене домішками впровадження (вуглецем і азотом), розчинними у фериті. Вони досить швидко дифундують вже при кімнатній температурі і скопичуються на дислокаціях, утворюючи атмосфери Коттрела, що блокують дислокації. Сталь зміцнюється, втрачає пластичність і знижується її споживча якість. Старіння особливо небажане для низьковуглецевої листової сталі, призначеної для холодного штампування. Наслідок старіння — розриви при штампуванні виробів або поява дефектів поверхні. Тому відповідно до ГОСТ 9045 величина відносного подовження і глибина сферичної лунки для прокату досить глибокої витяжки, що виготовляється на дресирувальних станах, гарантується виробником тільки протягом 10 діб з моменту відвантаження. Норми ж механічних властивостей тонколистової вуглецевої сталі для глибокої витяжки марок CR3 і CR4 (особливого розкислення) застосовні протягом 8 діб і 6 місяців відповідно з моменту готовності її до постачання.

Котли, ємкості високого тиску, труби великих діаметрів формують з листових заготовок і зварюють. Відпалити усю конструкцію, щоб зняти наклеп, створений вигинанням, найчастіше неможливо. За час роботи конструкції деформаційне старіння приводить до крихкості сталі. Тому для сталей такого призначення стандартами передбачено оцінювати міру схильності до старіння по величині ударної в'язкості після механічного (штучного) старіння. Наприклад, ГОСТ 19281 для прокату всіх класів

міцності встановлена норма ударної в'язкості КСУ при +20 °С після механічного старіння — не менше 29 Дж/см².

Прогартовуваність. Гарячекатаний і кований сортовий прокат з вуглецевої і легованої якісної сталі широко використовується в машинобудуванні, тому відповідно до вимог ГОСТ 1050 і ГОСТ 4543 його, за вимогами споживача, можуть виготовляти з нормованою прогартовуваністю. Прогартовуваність застосовують як здавальну характеристику для кожної плавки. ГОСТ 4543 встановлює нормовану глибину прогартовуваності для окремих марок сталей. Крім цього, встановлюється відповідність між величиною твердості НРС і діаметром прутка, що при загартуванні одержить ту ж твердість у серцевині при охолодженні у воді або маслі.

Причини, з яких споживачеві потрібна задана прогартовуваність, досить різноманітні. По-перше, прогартовуваність гарантує потрібну структуру в необхідному перерізі і відповідно однорідні міцність і в'язкість. По-друге, чим більше прогартовуваність сталі, тим менше короблення деталі при охолодженні за умови забезпечення таких самих властивостей, зменшуються термічні напруги і відсутні гартівні тріщини. По-третє, чим більше розкид прогартовуваності між плавками, тим більше треба залишати припуск на шліфуванням після загартування виробу.

2.7. Стан поверхні

Перше уявлення про якість будь-якої металопродукції дає стан її поверхні. Власне, якість поверхні оцінюється за відсутністю або наявністю дефектів. Споживачами і виробниками масового прокату для оцінки його якості застосовуються єдині терміни і визначення, встановлені ГОСТ 21014. Вимоги до якості поверхні

окремих видів прокату нормуються відповідними стандартами тому в залежності від призначення металу вони можуть істотно розрізнятися.

Розглянемо вимоги деяких найбільш поширених стандартів до якості поверхні готового прокату.

Найменш жорсткі вимоги пред'являються до прокату сортового і товстолистого зі сталі вуглецевої звичайної якості, який використовується переважно у будівництві. Так, на поверхні сортового прокату (ГОСТ 535) допускаються без зачищення окремі розкатані бульбашки, забруднення, рябизна, відбитки, риски, що не виводять розміри профілю за межі мінусового відхилення. Інші дефекти повинні бути видалені зачищенням або вирубкою, яка не виводить розмір профілю за межі мінусового відхилення.

На поверхні товстолистого прокату (ГОСТ 14637) не повинно бути рванин, наскрізних розривів, розкатаних пригару і кірочок, а також бульбашок, здуттів, гармошки, тріщин, плівок, забруднень і вкатої окалини. Допускаються дефекти (рябизна, риски й інші місцеві дефекти), що не виводять прокат за граничні розміри. Усунення поверхневих дефектів прокату всіх товщин, що виготовляється на товстолистових станах, робиться зачищенням. Допускається заварювати зачищені ділянки прокату товщиною більше 10 мм. При видаленні дефектів поверхні прокату зачищенням допускається зменшення товщини не більше ніж на 5% від номінальної, але не більше 3 мм, при цьому площа окремої зачищеної ділянки поверхні прокату не повинна бути більш 100 см², сумарна площа всіх зачищених ділянок на одному листі — не більш 2 % його площі.

На обтиснутих гранях не повинно бути розшарувань, рванин, тріщин, бульбашок-здуттів, плівок, забруднень, вкатої окалини, волосовин і рисок, що виводять прокат за граничні розміри по ширині.

ГОСТ 1050 також встановлює жорсткі вимоги до якості прокату сортового каліброваного зі спеціальною обробкою поверхні. Стандартом за якістю поверхні сортовий прокат розділяється на дві групи **а** і **б**. Прокат групи **а** призначений переважно для гарячої обробки тиском, групи **б** — для холодної механічної обробки. Відповідно до цього на поверхні прокату групи **а** не повинно бути розкатаних бульбашок, прокатаних плівок, тріщин, забруднень, тріщин напружень.

Дефекти на поверхні повинні бути видалені вирубкою або зачищенням, ширина якого повинна бути не меншою п'ятикратної глибини. Глибина зачищення дефектів не повинна перевищувати:

- половини допуску на розмір — для прокату товщиною або діаметром менше 80 мм;
- допуску на розмір — для прокату розміром від 80 до 140 мм;
- 5 % діаметра або товщини — для прокату розміром до 200 мм;
- 6% діаметра або товщини — для прокату розміром більше 200 мм.

На поверхні прокату без зачищення допускаються окремі риси, вм'ятини і рябизна глибиною в межах половини допуску на розмір, а також розкатані бульбашки і забруднення (волосовини) глибиною, що не перевищує 1/4 допуску на розмір, але не більш 0,20 мм.

На поверхні прокату з якістю поверхні групи **б** допускаються місцеві дефекти глибиною, що не перевищує мінусового граничного відхилення на розмір.

Більш жорсткі вимоги пред'являються до якості поверхні прокату, який використовується у машинобудуванні для наступ-

ної переробки (штампування, волочіння і т.п.), що забезпечує необхідну якість поверхні готових виробів.

Так, особливо високі вимоги пред'являються до якості круглої якісної сталі діаметром від 0,20 до 50 мм зі спеціальною обробкою поверхні (ГОСТ 14955). Така обробка досягається видаленням поверхневого шару одним зі способів — шліфуванням, обточуванням, обдиранням з наступним поліруванням і т.п. У залежності від квалітетів, шорсткості поверхні і глибини залягання припустимих дефектів стандартом встановлено 6 груп обробки сталі (А—Е). Причому для груп обробки А, Б и В установлені допустимі норми шорсткості — Ra 0,32—1,25 мкм, а дефекти поверхні взагалі не допускаються.

Холоднокатаний тонколистовий прокат за якістю обробки поверхні відповідно до вимог ГОСТ 9045 розділяється на три групи: особливо високої обробки — І; високої обробки — ІІ; підвищеної обробки — ІІІ (ІІІ а і ІІІ б).

Поверхня прокату повинна бути без плівок, наскрізних розривів, бульбашок-здуттів, розкатаних бульбашок, плям злипання після зварювання, порізів, надривів, вкатоної окалини, перетравів, недотравів, смуг нагартовки, вкатаних металевих і сторонніх часток. Розшарування не допускаються.

Характеристики якості обробки поверхні прокату, встановлені ГОСТ 9045, наведені у таблиці 2.14 і таблиці 2.15.

Для прокату ІІІ групи обробки поверхні допускається видалення поверхневих дефектів зачищенням дрібнозернистим наждаковим або повстяним кругом з наждаковою пастою. При цьому на поверхні прокату допускаються сліди абразивного зачищення, а глибина зачищення не повинна виводити прокат за мінімальний розмір по товщині.

Таблиця 2.14. Характеристика якості обробки поверхні холоднокатаного тонколистового прокату

Група обробки	Характеристика якості обробки поверхні	
II	На обох сторонах прокату не допускаються дефекти, глибина яких перевищує 1/2 суми граничних відхилень по товщині і, що виводять за мінімальні розміри по товщині, а також кольору мінливості на відстані, що перевищує 50 мм від країв. На лицьовій стороні (кращої за якістю поверхні) не допускаються риски і подряпини довжиною більше 50 мм.	
III	На обох сторонах не допускаються дефекти, глибина яких перевищує 1/2 суми граничних відхилень по товщині і які виводять прокат за мінімальні розміри по товщині.	
	III а кольори мінливості не допускаються на відстані більш 200 мм від країв	III б кольори мінливості допускаються по всій поверхні прокату

Таблиця 2.15. Характеристика якості поверхні холоднокатаного тонколистового прокату I групи обробки поверхні

Стан поверхні	Характеристика стану обробки поверхні	Характеристика якості поверхні
Глянцева	Шорсткість Ra не більше 0,6 мкм	На лицьовій стороні прокату не допускаються дефекти, крім окремих рисок і подряпин довжиною менше 20 мм
Матова	Шорсткість Ra не більше 1,6 мкм	
Шорстка	Шорсткість Ra більше 1,6 мкм	На зворотній стороні прокату не допускаються дефекти, глибина яких перевищує 1/4 суми граничних відхилень по товщині, а також плями забруднень, кольори мінливості і сірі плями

Сталева катанка з вуглецевої якісної сталі, призначена для виготовлення канатного дроту холодним волочінням також повинна мати високу якість поверхні. Відповідно до вимог ДСТУ 3683 на її поверхні не повинно бути тріщин, прокатаних плівок, деформаційних рванин, закатів, вусів і розкатаних забруднень.

Допускаються відбитки, рябизна і риски глибиною не більше 0,20 мм, а також окремі розкатані бульбашки глибиною не більше 0,15 мм. На поверхні катанки класу ВЯ (високої якості) і ПЯ (підвищеної якості) розкатані бульбашки не допускаються.

Стандарти і технічні умови на інші види прокату також містять обумовлені його призначенням нормативні вимоги до якості поверхні.

2.8. Маркування й упакування

Споживча якість готового прокату багато в чому визначається його товарним виглядом і естетичним оформленням.

У ГОСТ 7566 встановлені вимоги до приймання, маркування, упакування, транспортування і зберігання усіх видів металопрокату. Здатність виробника виготовляти прокат, що відповідає усім вимогам стандарту, дозволяє забезпечити якість продукції відповідно до побажань замовника. Але, крім вимог ГОСТ 7566, стандарти на окремі види прокату, в залежності від його призначення і запитів споживача, можуть містити додаткові вимоги.

Так сталь, якісна кругла зі спеціальною обробкою поверхні (ГОСТ 14955), повинна бути покрита мастилом, що захищає метал від корозії, (марки мастила наведені у стандарті), обгорнута в один або більше шарів водонепроникного паперу й упакована в дерев'яні ящики визначених габаритних розмірів.

Прокат тонколистовий холоднокатаний з низьковуглецевої якісної сталі для холодного штампування (ГОСТ 9045) повинний бути змазаний з обох боків шаром мастила, який запобігає його корозії. Пачки листів обертаються листом м'якої сталі, укладаються на бруси і міцно скріплюються сталевими штабами.

3. ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТОЧНОСТІ ГЕОМЕТРИЧНИХ РОЗМІРІВ ТА ФОРМИ ПРОКАТУ

У даному розділі розглянемо деякі найбільш відомі засоби забезпечення точності розмірів та форми прокату. Звичайно, неможливо дати рекомендації на усі випадки тому, що якість — це мета, яка постійно змінюється. Вимоги споживачів до продукції постійно зростають, відповідно до цього удосконалюється технологія і обладнання, застарілі стани виводяться з експлуатації, на заміну їм будуються нові стани з використанням найновіших технічних рішень. Крім цього, забезпечення якості продукції на будь-якому діючому прокатному стані також постійно триваючий процес, в якому знаходяться свої специфічні технічні рішення, які можуть бути ефективними лише для даного прокатного стану. Але існують загальновідомі засоби та прийоми забезпечення точності геометричних розмірів і форми прокату, які обумовлені особливостями деформації металу, і які складають основу кваліфікації спеціалістів з обробки металів тиском.

3.1. Забезпечення точності геометричних розмірів

Точність геометричних розмірів прокату багато в чому визначається впливом таких факторів: станом робочих клітей та допоміжного обладнання, якістю валків, особливостями нагрівання та прокатування металу.

Зношення робочої поверхні валків, зношення та пружкі деформації деталей робочої кліті, коливання температури прокату і валків не дозволяють зберегти сталість заданих розмірів калібру. Тому кінцеві розміри прокату також не залишаються постійними.

Прокатку профілю в межах відхилень, що допускаються, здійснюють, періодично підлагоджуючи робочу кліть. Час роботи кліті без настроювання обмежується інтенсивністю зміни розмірів калібру і припустимих відхилень розмірів прокату.

На рисунку 3.1 схематично представлена зміна висоти прокату у часі, викликана виробленням (зношенням) поверхні валків і зміною висоти при налагодженні стану через визначені проміжки часу. Похилі ділянки 1-2 і 3-4 показують збільшення висоти прокату, за рахунок зношення поверхні валків; вертикальні ділянки 2-3 і 4-5 - зменшення висоти калібру (зазору між валками) і товщини штаби при налагодженні стану.

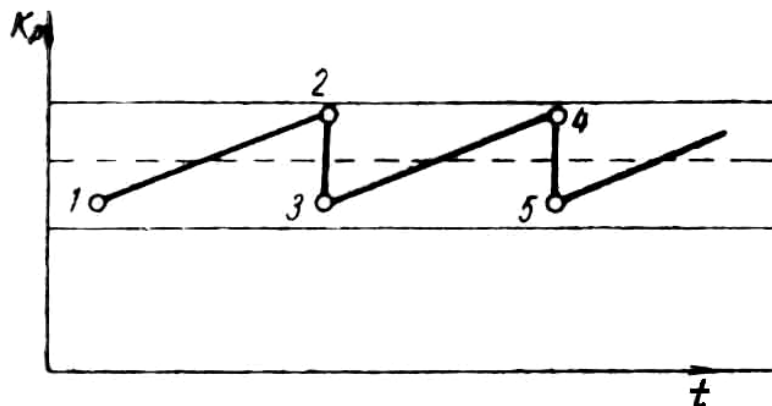


Рис. 3.1. Зміна товщини прокату за час роботи стану: t — час роботи стану; K_p — робоча висота калібру

При налагодженні робочої кліті висота калібру визначається розмірами врізів на валках, які утворюють калібр, і величиною зазору між валками

$$K = h_{p1} + h_{p2} + S,$$

де K — установочна висота калібру; h_{p1} і h_{p2} — фактична глибина нижнього і верхнього врізів (ручаїв) з урахуванням допусків на їх розточування; S — зазор між валками з урахуванням мож-

ливої пружкої деформації деталей робочої кліті, що сприймають силу прокатування (пружини кліті).

За час роботи стану глибина і конфігурація врізів поступово змінюється, що є наслідком нерівномірного зношення. Крім того, відбувається зношення підшипників і деформація деталей елементів кліті, а також спостерігається биття і термічне розширення валків. Висота калібру у визначений момент роботи стану буде дорівнювати

$$K_p = K + f_k - \Delta h_t + \Delta h_p + \Delta h_{\Pi} \pm \Delta C,$$

де f_k — пружна деформація кліті; Δh_t — зміна висоти калібру через нагрівання валків; Δh_p — зношення калібру по висоті; Δh_{Π} — зношення підшипників і інших деталей кліті; ΔC — зміна висоти калібру, викликана радіальним биттям валків.

Періодичне підстроювання стану забезпечує виробництво прокату з розмірами у необхідному полі допусків.

На точність товщини листового прокату по різному впливають майже всі ті ж фактори, що впливають на точність сортового прокату. Але крім факторів, загальних для обох видів прокату, для листового прокату значний вплив на точність має пружке вигинання валків від дії сили прокатування. Для сортового прокату вигин валків можна не враховувати, через значно меншу силу прокатування і, відповідно, незначний вигин.

Тому, насамперед, всі чистові кліті сучасних товстолистових станів і всі кліті широкоштабових станів — чотиривалкові. Робочі валки опираються на опорні валки більшого діаметру і тим самим, зменшується їхній прогин. Однак, незважаючи на це, деякі фактори впливають на точність товщини листового прокату. Так треба дотримуватися особливо суворо вимог паралельності осей валків, причому не тільки чистової, а всіх клітей стану. У

протилежному випадку це може привести не тільки до різнотовщинності по ширині профілю, але і викликати серповидне викривлення листів.

При прокатуванні листового прокату зношення (вироблення) валків не тільки визначає якість його поверхні, але і суттєво впливає на поперечну різнотовщинність. У зв'язку з тим, що при роботі стану зношення валків відбувається неминуче, його вплив на рівномірність товщини листів по ширині зменшують раціональною організацією послідовності прокатування різних партій листів, тобто відповідною програмою прокатування. Зокрема, прокатування на перешліфованих валках починають із широких листів, з поступовим переходом на більш вузькі. Якщо така послідовність не буде дотримуватися, то початкове прокатування вузьких листів викличе певне зношення на ділянці *a-b* (рис. 3.2), що після переходу на прокатку листів більшої ширини — *в-г*, приведе до формування більш товстої середньої частини.

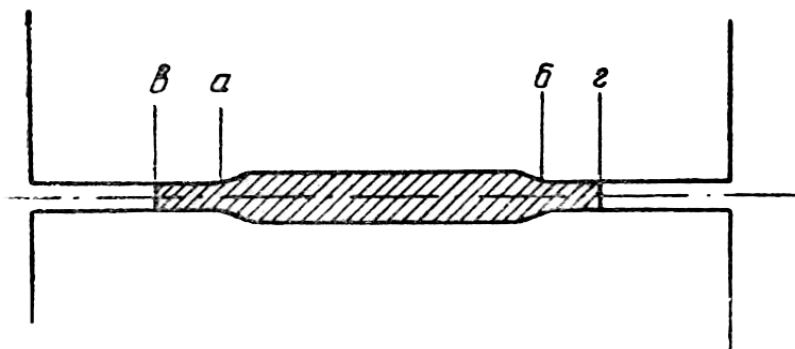


Рис. 3.2. Профіль широких штаб і листів, прокатаних на валках слідом за прокатуванням на них більш вузьких штаб

У межах кожної ширини послідовність прокатування призначають від тонких до товстих, при цьому марки сталі не беруть до уваги. Особливо неухильно такий порядок дотримується на безперервних широкоштабових станах, на яких прокатуються

штаби не тільки різної ширини, але і досить тонкі — товщиною 3,0 мм і менше.

При прокатуванні на листових станах значна зміна профілю валків відбувається внаслідок їхнього розігріву й охолодження. При стабільній роботі стану валки нагріваються від металу, що прокатується, до температури 50—70 °С і їхній діаметр збільшується. Утворення посередині валків найбільшого збільшення діаметру зменшується у напрямку до країв, у результаті чого виходить зміна профілю валків. Якщо валки виточити точно циліндричними (рис. 3.3, *a*), то у процесі прокатування через нерівномірний розігрів (неоднакові умови відведення тепла по середині валка та по краях розкату) вони стануть опуклими (рис. 3.3, *б*). Товщина в поперечному перерізі листів, прокатаних на таких валках, на краях більше ніж посередині.

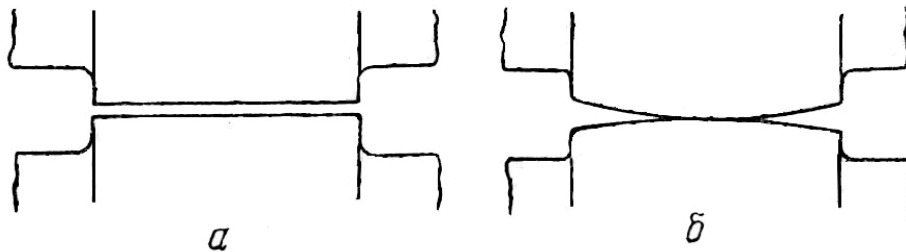


Рис. 3.3. Зміна профілю листових валків при розігріві: *a* — циліндрична поверхня в холодному стані; *б* — опукла поверхня в розігрітому стані

Різниця діаметра валків по середині і з країв, а, отже, і профіль поперечного перетину штаби залежать в основному від температури розігріву валків, що, в свою чергу, визначається низкою факторів: розміром валків, перетином і довжиною штаб, що прокатуються, температурно-деформаційними умовами прокатування та умовами охолодження валків.

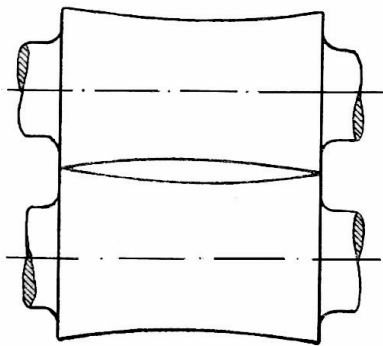


Рис. 3.4. Профіль валків у холодному стані для прокатування покривельного заліза і жерсті

профіль набуває прямолінійні обриси і забезпечується необхідна точність прокату по ширині.

На точність прокатування тонких штаб значний вплив має вигин валків, який зростає при збільшенні тиску на валки. У певних умовах він може компенсуватися збільшенням діаметру робочих валків унаслідок розігріву їх при прокатуванні.

Зміна початкової величини опуклості (увігнутості) бочки валків є самим ефективним способом регулювання поперечного профілю листової і штабової сталі. Однак, цей спосіб має істотний недолік, тому що при наявності широкого сортаменту по товщині і ширині листів необхідно мати великий парк валків з різним вихідним профілюванням.

Зниженню поперечної різнотовщинності сприяє застосування теплового регулювання профілю валків. Це досягається шляхом зміни інтенсивності подачі води на різні ділянки бочки валка по довжині або регулюванням температури води в різних секціях колектора системи охолодження валків подачею холодної і гарячої води. За рахунок цих факторів змінюється температура бочки валка, а, отже, і теплова опуклість. Однак теплове регулювання профілю валка має невисоку точність і велику інер-

Чим вищу температуру має метал, що прокатується, і чим інтенсивніший темп прокатування, тим сильніше розігріваються валки і тим більше їх випуклість. Одним зі способів уникнути збільшення товщини тонколистового прокату посередині є застосування профільованих валків, тобто з увігнутою поверхнею (рис. 3.4). У результаті нагрівання валків при прокатуванні

ційність, тому що процес зміни температурного режиму валків, що мають велику масу, досить тривалий.

Останнім часом одержують усе більше поширення системи автоматичного регулювання профілю валків (САРПВ), що дозволяють регулювати величину прогину валків, тим самим, змінюючи профіль штаби. САРПВ забезпечують безінерційне і точне регулювання поперечної різнотовщинності у необхідних межах. Цей метод дозволяє швидко реагувати на відхилення, викликані зміною профілю розкату, опором деформації й ін. Крім того, САРПВ дає можливість переходу з одного типорозміру на інші при збереженні вихідного профілю валків. Практично можна створити умови, необхідні для роботи на циліндричних валках.

На рисунку 3.5 представлені три схеми вигину валків клітей кварто. Вигин валків здійснюється за допомогою гідравлічних циліндрів (домкратів), вмонтованих у вузли робочої кліті, тиск рідини в гідросистемі досягає $25...30 \text{ Н/мм}^2$.

Схема I припускає вигин робочих валків за допомогою гідравлічних домкратів, що розпирають їх шийки. У цьому випадку сили прокатування і домкратів мають однаковий напрямок дії.

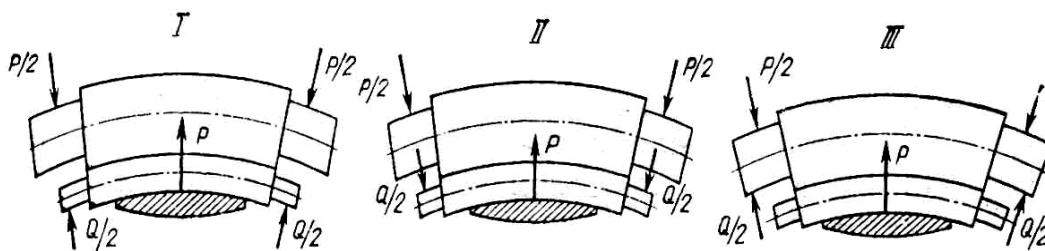


Рис. 3.5. Схема гідравлічного регулювання профілю валків:

I — проти вигин робочих валків; II — додатковий вигин робочих валків;
III — вигин опорних валків

Схема II передбачає вигин робочих валків за допомогою гідравлічних домкратів, сила дії яких спрямована проти дії сили

прокатування. Схема III припускає вигин опорного валка, при цьому сили вигину домкратів прикладають до консолей його шийок на деякій відстані від осі дії натискних гвинтів.

Реальна зміна початкового профілю валків під час прокатування визначається в результаті спільного впливу всіх зазначених вище факторів. Рівномірна товщина по всій ширині листа забезпечується тоді, коли в момент прокатування зазор між твірними нижнього і верхнього валків однаковий по всій довжині.

Найбільш ефективне рішення по регулюванню профілю поперечного перерізу штаб, широко реалізоване в останні 15—20 років за кордоном, полягає в застосуванні систем осьового переміщення прокатних валків, що мають спеціальне профілювання. Відмінність такого профілювання зводиться до того, що робочий зазор між валками утворюється криволінійними поверхнями. Дане рішення звичайне використовується для вирішення двох задач.

По-перше, воно дозволяє забезпечити безперервну зміну профілю поперечного перерізу штаб (рис. 3.6 а, 3.6 б). У залежності від взаємного розташування валків профіль зазору може змінюватися від опуклого до увігнутого.

По-друге, це рішення дозволяє зменшити негативний вплив зношення прокатних валків на профіль поперечного перерізу штаб (рис. 3.7). При прокатуванні штаб без зсуву валків локальне їх зношення збільшується пропорційно кількості прокатуваного металу. У залежності від сортаменту штаб, що прокатуються, гранично припустиме зношення валків може досягатися вже після прокатування 200—1000 т металу. Із застосуванням осьового зсуву валків, яке здійснюють у паузах між штабами, граничне зношення валків досягається після прокатування від 800 до 3000 т металу. Комплекс технічних рішень з використанням систем осьового переміщення валків дозволяє впритул підійти до реалізації так званої безпрограмного (вільного) прокатування, що по-

лягає у вільному виборі послідовності прокатування штаб різної ширини незалежно від величини зношення валків.

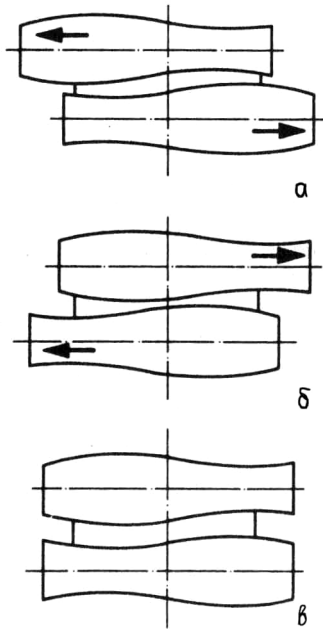


Рис. 3.6. Схема регулювання поперечного профілю штаби осьовим зсувом S-образно профільованих валків: а – опуклий профіль; б – увігнутий профіль; в – прямокутний профіль.

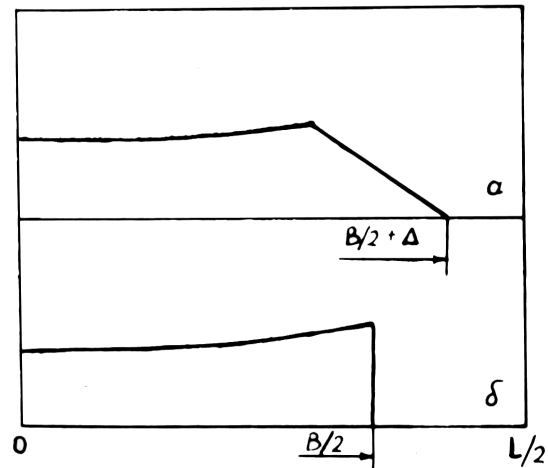


Рис. 3.7. Характер зношення робочого валка з осьовим зсувом валків (а) і без осьового зсуву (б): L – довжина бочки валка; B – ширина штаби; Δ – діапазон осьового зсуву валка.

Товщина прокату як листового, так і сортового може бути нерівномірною і по довжині (повздовжня різнотовщинність). Факторами, що впливають на нерівномірність товщини прокату в подовжньому напрямку, є:

- неоднорідність хімічного складу сталі;
- нерівномірне нагрівання вихідної заготовки;
- нерівномірні умови охолодження металу по довжині штаби у процесі прокатування.

Вплив цих факторів на нерівномірність товщини прокату по довжині обумовлений змінами величини опору металу деформації і відповідно змінами тиску металу на валки.

Ще однією причиною виникнення відхилень у розмірах сортового та штабового прокату по його довжині є наявність натяжіння (натягу, розтягуючих напружень) між клітями на станах з безперервним процесом прокатування. Величина натягу впливає на товщину штаби по всій її довжині і на величину стовщення кінців штаби. Натяжіння широко використовують у системах автоматичного регулювання розмірів, зокрема, зі збільшенням натягу знижується тиск прокатування і відбувається зменшення товщини штаби. Але в зв'язку з тим, що прокатування кінців штаби відбувається практично без натягу, спостерігається деяке їх стовщення. Стовщення кінців штаби з зазначеної причини може бути досить значним, і якщо товщина штаби в основній частині її довжини при прокатуванні виходить близькою до верхньої межі, що допускається стандартом, то товщина кінців штаби може перевищити цю межу.

3.2. Забезпечення форми та попередження скривлень і нерівностей прокату

При прокатуванні сортових та фасонних профілів одним із характерних дефектів прокатного походження — є відхилення форми профілю поперечного перетину. Причиною виникнення таких дефектів є неправильне налагодження калібрів або валкової арматури. Часто готовий профіль виходить із заусенцями або лампасами (рис. 3.8, *а, б, в*). Утворення заусенців на розкаті в підготовчих і передчистових калібрах веде до утворення на готовому профілі закатів (рис. 3.8, *г*). Якщо прокатування ведуть при занадто високій температурі, то чистовий калібр заповнюється металом не в повній мірі, що призводить до порушень форми профілю, наприклад, до незаповнення кута при вершині та (або) не-

правильному обрисі кінців полиць кутової сталі (рис. 3.8, *д*). Незаповнення кута може відбуватися також через невідповідність кутів заокруглення передчистового і чистового калібрів. Невиконання полиць кутової сталі виходить при недостатній їх довжині у передчистовому калібрі.

При осьовому зсуві валків виникає характерний дефект профілю круглої і квадратної сталі (рис. 3.8, *є, ж*). У випадку прокатування кутової сталі це приводить до одержання профілю з різною товщиною полиць (рис. 3.8, *з*).

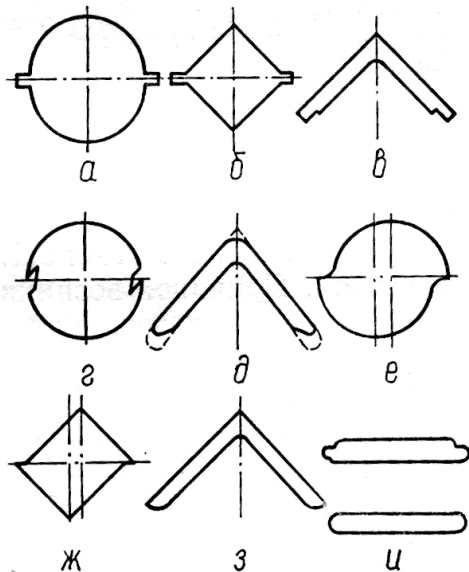


Рис. 3.8. Види дефектів форми сортових профілів: *а* — круг; *б* — квадрат; *в* — кутовий профіль з переповненням калібру і заусенцями; *г* — круг з закатом; *д* — сталь кутова з невиконаним профілем; *є, ж, з* — сталь кругла, квадратна і кутова зі зсувом частини профілю; *и* — сталь штабова з закатом на бічних гранях і їхньому заокругленні

Штабова сталь при вихідній квадратній заготовці менших, ніж потрібно, розмірів може вийти з незаповненими кутами і складками на бічних гранях, а при виробленому ребровому калібрі готовий штабовий профіль може бути з опуклими краями (рис. 4.2, *и*).

Умовами одержання профілю прокату, що відповідає вимогам стандарту, є: правильне налагодження і регулювання стану; правильне калібрування валків, якісне нагрівання металу; робота стану з незношеними (мало виробленими) валками.

Правильність настроювання валків в основному полягає в тому щоб:

- осі валків розташовувалися паралельно між собою і, як правило, в одній площині;
- висота калібрів була належною, тобто відповідала заданим розмірам готового прокату.

У багатьох випадках для усунення відхилень форми профілю необхідно змінити налагодження не в одному, а в ряді калібрів, що передують чистовому, іноді, навіть, у найперших калібрах.

Настроювання стану не разова операція, яку потрібно робити тільки після перевалки валків або після переходу з одного розміру профілю на інший. Налагодивши належним чином стан і одержавши правильний профіль, необхідно увесь час перевіряти виконання профілю. Необхідність у налагодженні калібрів в процесі прокатування обумовлена такими двома причинами: станом обладнання і валків та зміною умов прокатування.

Якщо усунути неправильність профілю зміною налагодження калібрів по клітям стану не вдається, виникає необхідність виправлення калібрування. У цьому випадку для усунення дефекту профілю потрібно, в залежності від обставин, або змінити основні розміри і конфігурацію того або іншого калібру в цілому, або його окремих елементів.

Неправильність профілю, що виникла при значному виробленні (зношенні) калібру, усувається шляхом переходу на запасний калібр або зміною валків.

При прокатуванні сортових та фасонних профілів, особливо з несиметричною формою перетину, виникають відхилення форми по довжині, такі як скручування, кривизна (серповидність).

Скручування штаби може відбуватися або в останньому калібрі, або в передчистових калібрах. Основною причиною є наявність пари сил, що викликають скручування. Однак в одних

випадках пари сил виникають від ненормальних умов обтиснення металу у валках, в інших — від неправильної установки вивідних провідок, хоча сама деформація металу у валках відбувається нормально.

Кривизна профілів і вигин листів, як правило, виникають унаслідок неоднакових умов охолодження ділянок поперечного перерізу прокату металу.

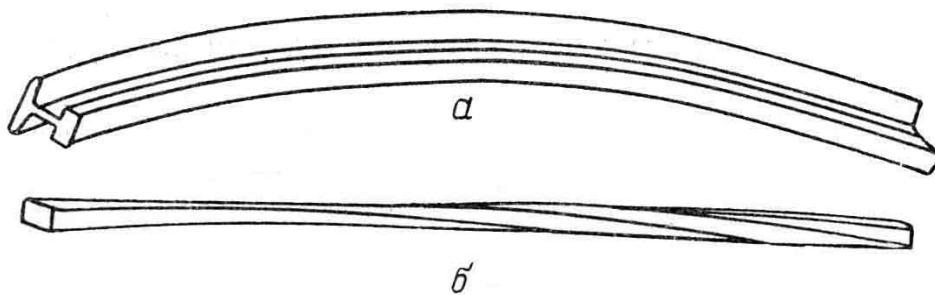


Рис. 3.9. Викривлення по довжині штаб профільного прокату: *a* — правильне дугоподібне; *б* — навколо осі

У залежності від виду викривлень прокату по довжині міри забезпечення необхідної якості можуть розділятися на: попереджуючі, які не допускають виникнення або зменшують викривлення, та такі, що усувають кривизну вже прокату металу. Основними мірами попереджувального характеру є ті, що забезпечують створення умов рівномірного нагрівання й охолодження металу.

Усунення кривизни по довжині прокату металу досягається виправленням його в гарячому або в холодному стані з використанням роликотправильних машин.

Листовий і сортовий прокат, маючи правильну форму поперечного перерізу, може виявитися дефектним через неприпустимі величини нерівностей або викривлення по довжині. Це такі дефекти як серповидність і хвилястість листів (рис. 3.10), телескопічність рулонів (рис. 3.11).

Основною причиною серповидного скривлення і хвилястості листового прокату є нерівномірне подовження (витяжка) по ширині штаби внаслідок неоднакової величини обтиснення або нерівномірного нагрівання металу. Ці дефекти прямокутних профілів також можуть утворюватися і з інших причин, пов'язаних з умовами роботи валків і обладнання кліті стану.

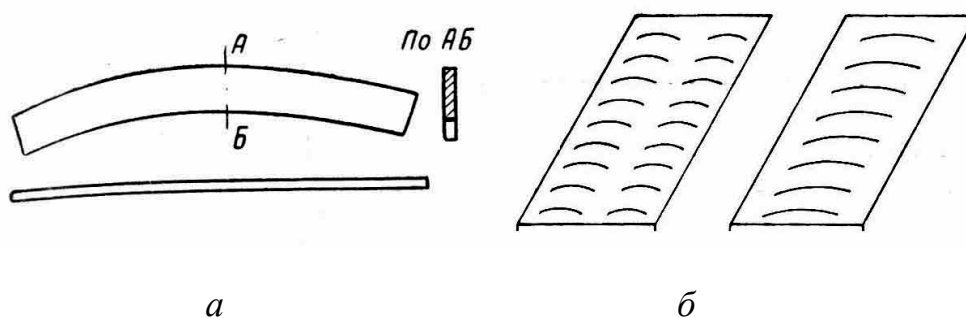


Рис. 3.10. Дефекти форми штаби прямокутного перетину: *а* – серповидність; *б* – хвилястість

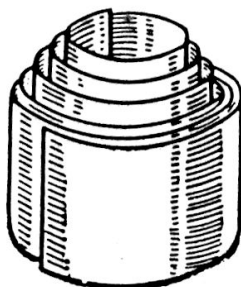


Рис. 3.11. Телескопічний рулон

Телескопічність рулонів може виникати внаслідок того, що товщина країв штаби, що змотується, неоднакова. Тягнучі роликки, що стоять перед моталкою, якщо вони строго рівнобіжні між собою, не можуть подавати штабу в моталку тільки по осьовому напрямку і внаслідок цього витки рулону, що змотується, не накладаються один на один по всій ширині штаби, а кожен наступний виток зміщується відносно попередніх (рис. 3.11). Телескопічність рулонів може бути пов'язана також із серповидністю штаб і з неправильним настроюванням самої моталки.

4. ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТРУКТУРИ І ВЛАСТИВОСТЕЙ ПРОКАТУ

Для споживача важливим показником якості прокату є його кінцеві механічні, технологічні й експлуатаційні властивості, що задовольняють встановленим вимогам. Забезпечення цих вимог визначається двома основними факторами — вихідним станом металу і технологією його обробки в прокатних цехах.

4.1. Вплив вихідного стану металу

У багатьох випадках якість прокату, призначеного до наступної переробки (волочінням, штампуванням або іншими способами), насамперед, залежить від вихідного (початкового) стану металу, який надходить з сталеплавильних цехів. Вихідний стан металу визначається двома основними показниками:

- однорідністю хімічного складу;
- складу, розмірів, форми і розподілу неметалевих включень.

Зональна ліквіація і мікронеоднорідність. Оскільки кристали металу в процесі кристалізації ростуть від поверхні до осі зливка (або безперервнолитої заготовки — БЛЗ), виникає відмінність у хімічному складі по його перерізу — зональна ліквіація. Вона залежить від хімічного складу сталі, швидкості твердіння і напрямку відведення тепла при кристалізації (розмірів і форми злиwkів або БЛЗ) і досягає іноді великих значень. У БЛЗ ліквіація дещо менша, але збагачення осьової зони марганцем може досягати 2 разів, фосфором — у 3, вуглецем у 2—4 рази. Зональна ліквіація сірки завжди проявляється сильніше, ніж інших елементів. При утворенні шарів різного складу в них найбільш ймовірно

утворення внутрішніх дефектів різного виду. Зокрема, у шарах, збагачених марганцем або іншими γ -стабілізуючими елементами, найбільш висока схильність до розвитку внутрішнього загартування при охолодженні прокату (рис. 4.1 а), що в окремих випадках може супроводжуватися і виникненням внутрішнього розшарування (рис. 4.1 б).

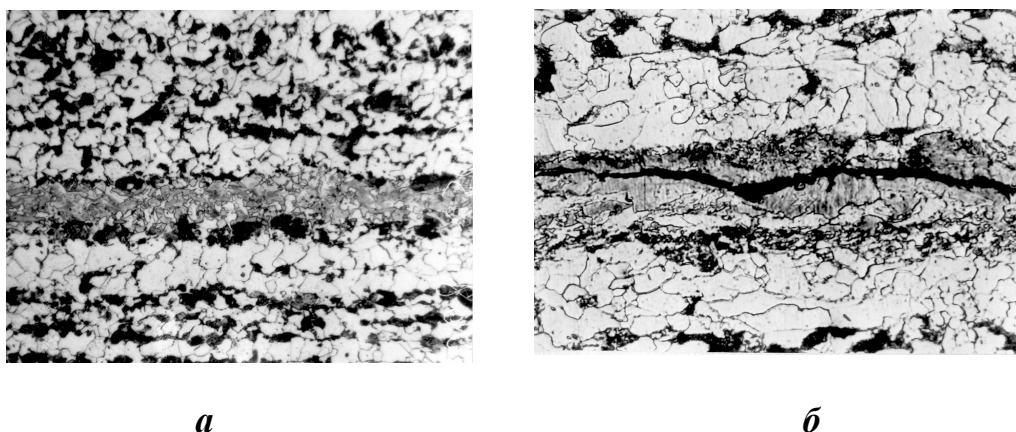


Рис. 4.1. Мікроструктура осьової зони гарячекатаного листового прокату зі сталей 20ГЮТ (а — $\times 320$) і 09Г2ФБ (б — $\times 500$)

Дефекти такого походження важко виявити і не завжди можна запобігти їх утворенню за умовами технології. Зональна ліквация призводить до структурної неоднорідності не тільки в гарячекатаному, але й у термообробленому прокаті. Це може істотно відбитися на властивостях прокату в стані постачання і погіршити експлуатаційні властивості виготовлених з нього виробів.

Для зниження рівня зональної ліквации на сталеплавильному переділі застосовують різні способи. Зокрема, для запобігання осьової ліквации сірки найбільш ефективно введення в сталь кальцію і рідкоземельних елементів (РЗМ) або електромагнітне перемішування при безперервному розливанні.

Дендритна ліквация. Кристал росте з розплаву як дендрит з гілками першого, другого, а іноді і третього порядку. Сам дендрит може бути розміром до 1—10 см.

Дендритну структуру характеризують два параметри: відстань між осями дендритів λ і коефіцієнт ліквації $K=C_{\max}/C_{\min}$ — відношення найбільшої і найменшої концентрації елемента в осях і міжосьових проміжках дендритів. У залежності від розмірів зливка і зони в ньому крок осей дендритів першого порядку $\lambda_1 = 0,1—3$ мм, а другого $\lambda_2 = 3—100$ мкм. Головні фактори, що визначають величину дендритної ліквації — швидкість фронту кристалізації і градієнт температури на цьому фронті.

Від поверхні до осі зливка градієнт температури зменшується і крок дендритів λ зростає. Чим менше дендрити, тим коротший шлях дифузійного перерозподілу домішки, тим менша неоднорідність складу. Тому ступінь дендритної ліквації наростає від поверхні до осі. Наприклад, у БЛЗ зі сталі 17ГС $K_{Mn} = 1,24 \div 1,38$; $K_{Si} = 1,20 \div 1,34$. При розливанні цієї ж сталі в зливки кристалізація відбувається повільніше і ступінь ліквації більша (на осі зливка $K_{Mn} = 1,53$; $K_{Si} = 1,44$). Дендритна неоднорідність зберігається й у прокаті. Якщо вісь дендриту нахилена до осі слябу або заготовки на визначений кут (рис. 4.2 а), а крок осей λ_0 , то в прокаті, що у k разів тонше, дендрити видні як стрічки товщиною $\lambda = \lambda_0/k$, витягнуті уздовж напрямку прокатування (рис. 4.2 в)

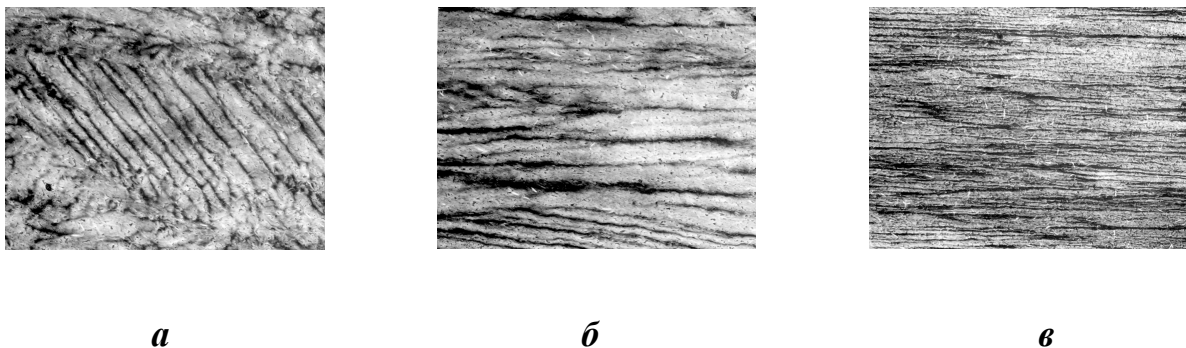


Рис. 4.2. Сліди дендритної неоднорідності гарячедеформованої сталі 09ГС: а — сляб товщиною 210 мм; б — підкат товщиною 30 мм; в — лист товщиною 8 мм

Коливання вмісту легуючих елементів у штабах створює різницю в критичній швидкості охолодження аустеніту, від чого при охолодженні прокату з однією й тією ж швидкістю в осях і між осями дендритів утворюється різна структура. Може утворитися смугаста структура, коли ділянки різних фаз розташовуються у вигляді шарів, що чергуються. У найбільш поширених вуглецевих і низьколегованих сталях це ферито-перлітна смугастість (рис. 4.3 *а*). Такі зміни структури небажані, тому що сприяють концентрації деформації. При розтяганні поперечних зразків руйнування відбувається по більш м'якій фазі. Тому структурна смугастість приводить до анізотропії пластичності і в'язкості сталі, що може привести до неприпустимого зниження експлуатаційних або технологічних властивостей прокату (рис. 4.3 *б*).

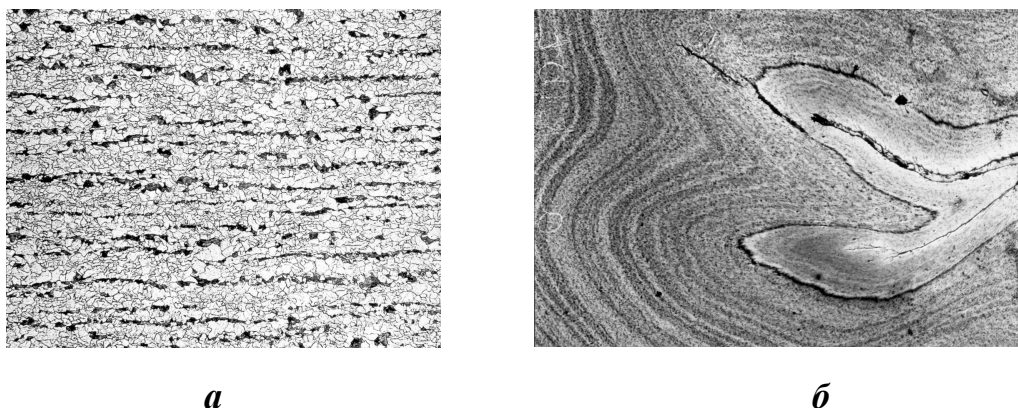


Рис. 4.3. Смугаста структура (*а* — $\times 100$) і мікротріщини (*б* — $\times 50$) у слідах концентраційної неоднорідності гарячекатаних листів зі сталі 20ГЮТ до і після випробувань на загин

Щоб вирівняти концентрацію легуючих елементів, потрібна їхня дифузія на відстань, що приблизно відповідає кроку λ дендритів. Як показали дослідження, реальні температурно-швидкісні умови нагрівання зливків і заготовок перед прокаткуванням не дозволяють у достатній мірі гомогенізувати сталь і

усунути смугастість структури прокату. Гомогенізуючий відпал зливків дорогий і зазвичай малоефективний.

Тому зменшення смугастості структури й анізотропії властивостей прокату можна досягти тільки зниженням ступеня дендритної ліквації починаючи з розплаву, зі зміни його стану перед кристалізацією. Наприклад, уведенням малих часток твердих домішок (модифікування) створити нові центри кристалізації або, збільшивши швидкість кристалізації (зменшивши перетин БЛЗ), подрібнити дендрити.

Неметалеві включення. Неметалеві включення — складові структури які багато в чому визначають якість прокату. Вони попадають у сталь ненавмисно, але неминучі за технологією виплавки сталі. Хімічний і фазовий склад включень звичайно складний, і його важливо знати для діагностики їхнього походження. Але якість металу часто залежить не стільки від загальної кількості включень, скільки від їхнього розміру, форми й однорідності розташування в прокаті. У ковші усі включення в сталі ще рівноосні, а при прокатуванні форма і розміри неметалевих включень, у залежності від їхнього типу, можуть різко мінятися (рис. 4.4)

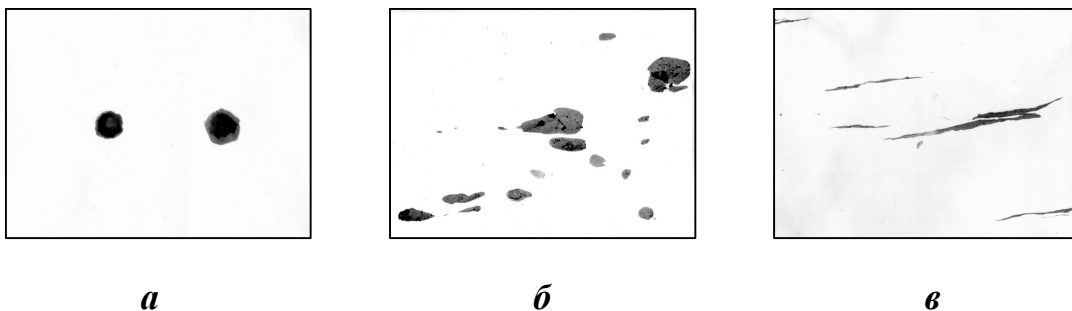


Рис. 4.4. Форма неметалевих включень (сульфідів) у зливку (а), слябі (б), гарячекатаному листі (в)

Якщо вихідне рівноосне неметалево включення діаметром d_0 деформується не гірше, ніж основний метал, то при прокату-

ванні зливка товщиною h_0 у лист товщиною h воно перетвориться в стрічку, видиму на подовжньому шліфі: його довжина буде $l_1 = d_0(h_0/h)$, а ширина залишиться без зміни — $b_1 = d_0$. Прокатування сорту або волочіння дроту витягнуть рівновісне включення в нитку діаметром $d = d_0(h_0/h)^2$. Цим іноді користуються: не змінивши загального обсягу включень, можна знизити їх розмір (забезпечити вимоги стандарту), прокатавши круг на менший діаметр.

Неметалеві включення погіршують багато властивостей готового прокату, особливо технологічні й експлуатаційні. Це зв'язано з тим, що найчастіше неметалеві включення руйнуються легше, ніж метал, або руйнування відбувається на поверхні границь розподілу метал/включення. Особливо шкідлива витягнутість включень (силікатів і сульфідів) у прокаті. Строчечні включення знижують пластичність у поперечних зразках і роблять сталь анізотропною. У реальних умовах знизити шкідливий вплив неметалевих включень на властивості прокату і забезпечити його якість на необхідному стандартами рівні можна в основному на стадії сталеплавильного переділу двома шляхами: зниженням загального вмісту сірки або модифікуванням сталі для глобуляризації включень і усунення їх строчечності.

4.2. Вплив технології в прокатних цехах

Структура і властивості готового прокату залежать не тільки від якості вихідного матеріалу, але і значною мірою визначаються технологією його виробництва в прокатних цехах.

Як правило, властивості масових видів прокату з вуглецевих і низьколегованих сталей визначаються наступними параметрами мікроструктури: розміром зерна, типом і розподілом диспе-

рських зміцнюючих часток карбонитридів, морфологією і розподілом неметалевих включень і структурних складових.

На рисунку 4.5 показані технологічні схеми виробництва деяких видів прокату, а на рисунку 4.6 — характерні типи мікроструктури.

Основними етапами формування мікроструктури сталей при гарячому прокатуванні є: аустенітизація при нагріванні, зміцнення і рекристалізація при багаторазовій деформації, перетворення аустеніту при охолодженні прокату.

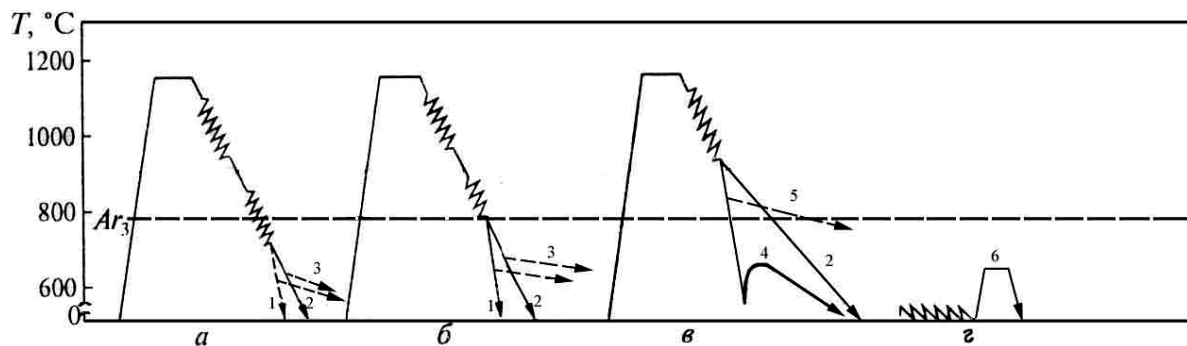


Рис. 4.5. Технологічні схеми прокатування: *а* — сортового і листового прокату з завершенням деформації в області $\gamma+\alpha$; *б* — сортового і листового прокату з завершенням деформації в області γ ; *в* — арматурного прокату і катанки; *г* — холоднокатаного листа; 1 — прискорене охолодження; 2 — охолодження на повітрі; 3 — охолодження в рулоні; 4 — термозміцнення арматурного прокату; 5 — регульоване охолодження катанки; 6 — відпал у ковпаковій печі

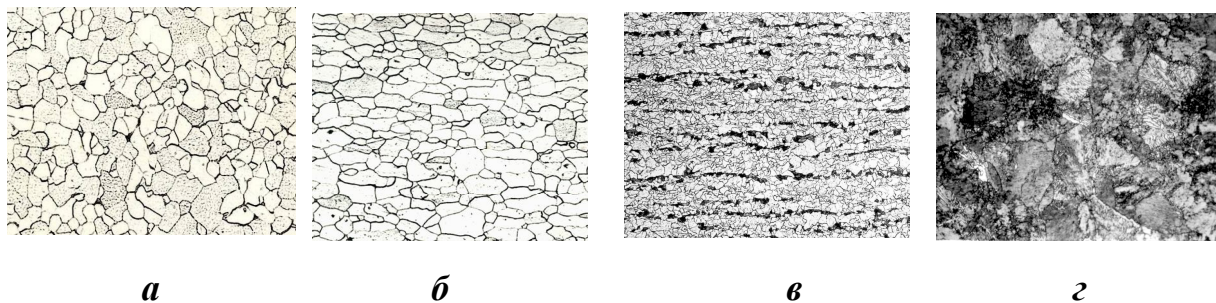


Рис. 4.6. Характерні типи мікроструктур прокату: *а* — гарячекатаний тонколистовий зі сталі 08пс (x200); *б* — холоднокатаний листовий зі сталі 80Ю (x200); *в* — товстолістовий зі сталі 09Г2ФБ (x200); *г* — катанка \varnothing 6,5 мм зі сталі 80 (x800)

Крім цього відбуваються процеси розчинення в аустеніті і виділення з нього вторинних фаз — карбонітридів, що впливають на протікання етапів формування структури.

Залежно від виду прокату і схеми його виробництва деякі технологічні фактори впливають на його структуру, а отже, і на властивості. При прокатуванні на сортових і листових станах у формуванні структури і властивостей сталі винятково велика роль належить температурі кінця прокатування ($T_{к.п.}$). Так, наприклад, на рисунку 4.7 показана структура листової сталі СтЗсп після різних режимів гарячої деформації й охолодження на повітрі.

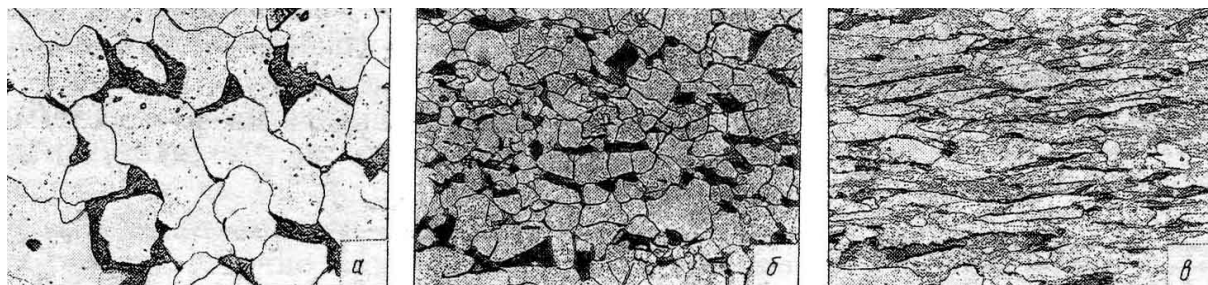


Рис. 4.7. Вплив температури кінця прокатки на мікроструктуру листів зі сталі СтЗсп: *а* — $T_{к.п.}=950$ °С; *б* — $T_{к.п.}=790$ °С; *в* — $T_{к.п.}=720$ °С

Ці структурні зміни визначають рівень властивостей прокату. У таблиці 4.1 показані результати досліджень, виконаних на Череповецькому металургійному комбінаті.

Як правило, для кожного виду продукції вказують оптимальний діапазон температур кінця прокатування. Однак забезпечити високі і рівномірні властивості прокату не можна без дотримання необхідних режимів після деформаційного охолодження металу на рольгангу. Численні дослідження показали, що регульоване охолодження після гарячого прокатування є найбільш ефективним і простим способом поліпшення комплексу властивостей прокату.

Таблиця 4.1. Механічні властивості гарячекатаного прокату в залежності від $T_{к.п.}$

Марка сталі і профіль прокату	$T_{к.п.}, ^\circ\text{C}$	Механічні властивості		
		$\sigma_T, \text{H}/\text{мм}^2$	$\sigma_B, \text{H}/\text{мм}^2$	$\delta_5, \%$
Сталь 40, круг $\varnothing 45$ мм	850	345	580	18,5
	950	332	550	22,0
	1050	300	505	24,0
Сталь 40X, круг $\varnothing 42$ мм	850	678	892	18,9
	950	648	881	22,0
	1050	534	810	29,0
Сталь 10Г2С1, Кутовий прокат $63 \times 63 \times 5$ мм	850	360	600	35,2
	950	355	530	40,0
	1050	315	530	41,5

Збільшення швидкості охолодження металу в температурній області перетворень приводить до підвищення міцнісних властивостей сталі в результаті здрібнювання зерна фериту і зміни співвідношення між структурною складовою і дисперсністю перліту. Наявні в довідковій літературі термокінетичні діаграми дозволяють у залежності від марки сталі визначати, оптимальний для одержання необхідної структури, діапазон швидкостей охолодження прокату (рис. 4.8).

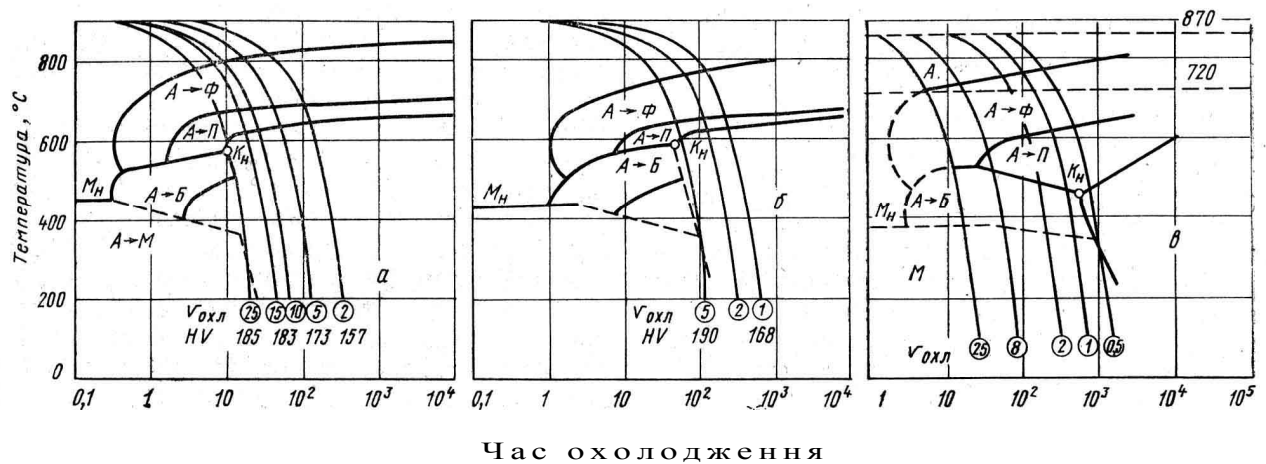


Рис. 4.8. Термокінетичні діаграми перетворення аустеніту в сталях Ст3сп (а), 17ГС (б), 17Г2АФ (в); цифри в кружках — швидкість охолодження $v_{охл}$, град/с; цифри біля кривих — одержувана твердість HV.

Причому, якщо в результаті прискореного охолодження сортового і листового прокату з низьковуглецевих і низьколегованих сталей, забезпечується рівномірна по перетину ферито-перлітна структура (рис. 4.9 в), то при виробництві арматурного прокату підвищених класів міцності у результаті його післядеформаційного охолодження в спеціальних установках зі швидкостями вищими за критичні ($V_{кр}$) у поверхневих шарах одержують структуру відпущеного мартенситу (рис. 4.11 в), а у внутрішніх — ферито-перлітну (рис. 4.11 з).

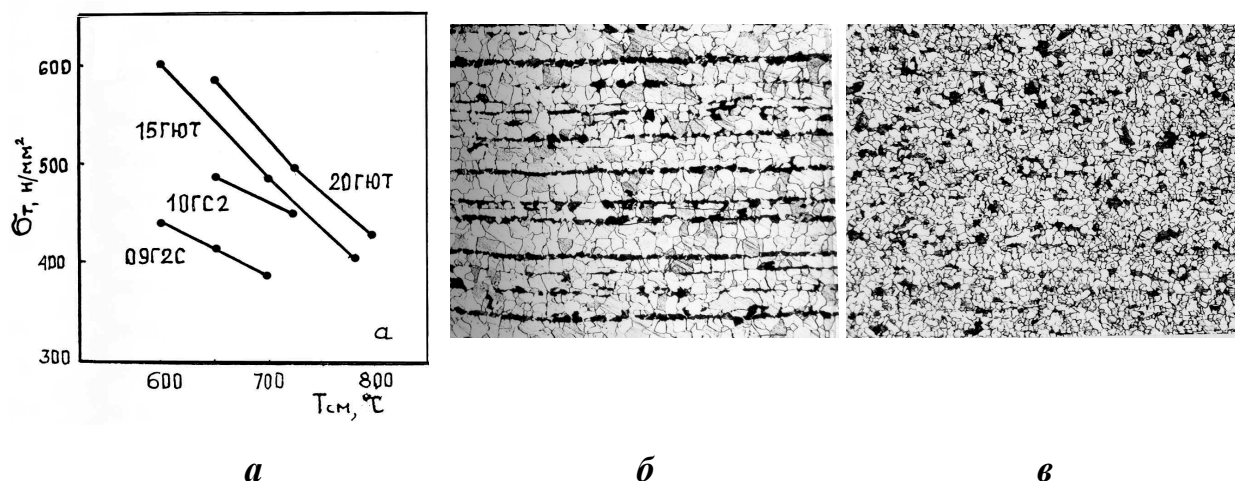


Рис. 4.9. Вплив температури змотування ($T_{кп} = 900^{\circ}C$) на границю текучості (а) і мікроструктуру (б, в $\times 100$) штаб товщиною 8 мм зі сталі 09Г2С: б, в – $T_{зм} = 700^{\circ}C$ і $600^{\circ}C$, відповідно

Параметрами, що дозволяють контролювати швидкість післядеформаційного охолодження прокату в залежності від технологічної схеми, є: температура змотування ($T_{зм}$), температура кінця прискореного охолодження ($T_{кпо}$), або температура самовідпуску ($T_{св}$). Наприклад, на рисунках 4.10 і 4.11 показаний вплив цих параметрів на зміну структури і властивостей штабового й арматурного прокату.

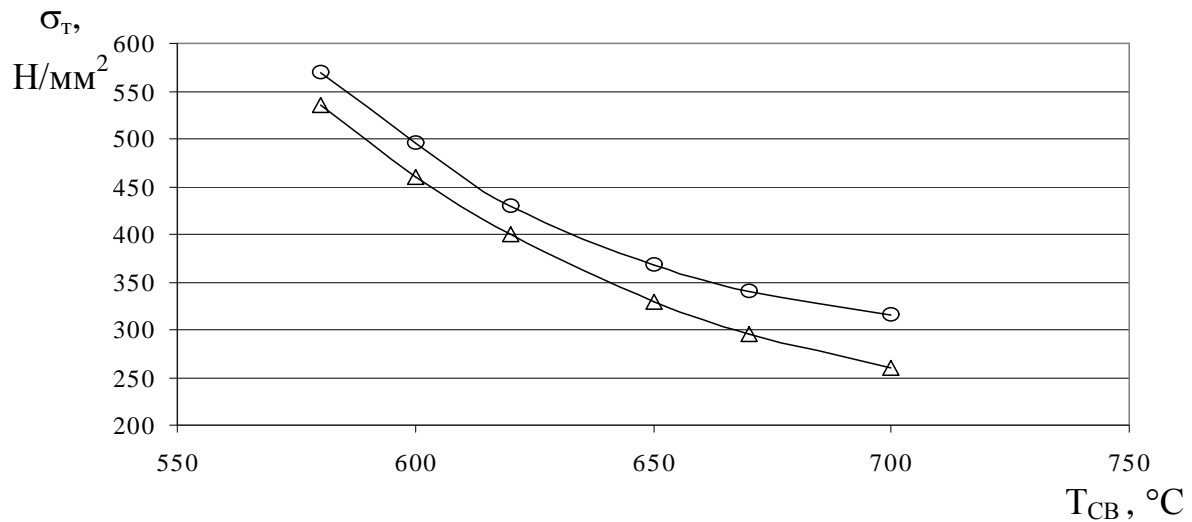


Рис. 4.10. Вплив температури самовідпуску на границю текучості термозміцненого арматурного прокату $\varnothing 14$ мм зі сталі 3пс (О, Δ — максимально і мінімально припустимий марочний вміст хімічних елементів, відповідно)

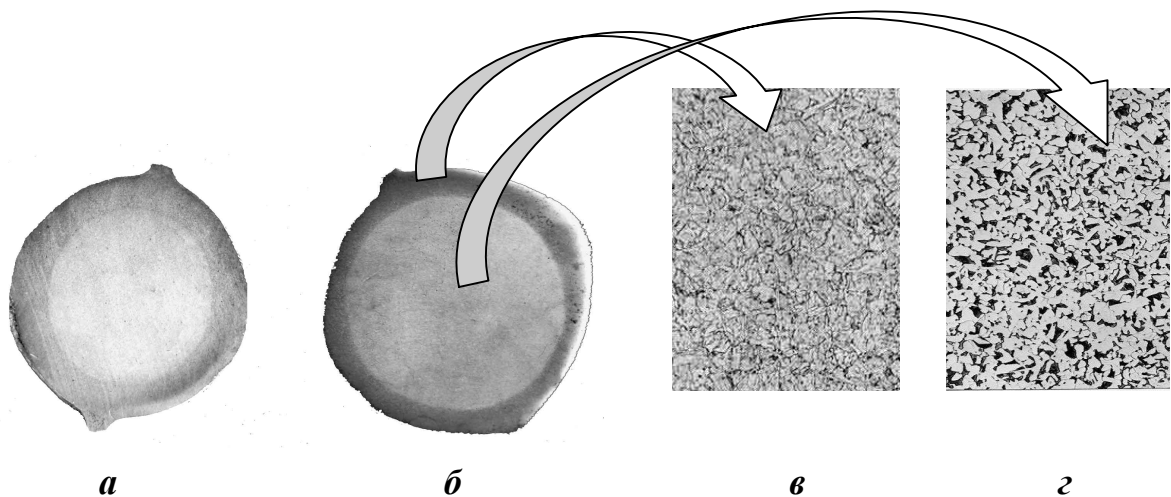


Рис. 4.11. Вплив температури самовідпуску на макроструктуру (а, б) і мікроструктуру (в, г $\times 100$) термозміцненого арматурного прокату $\varnothing 14$ мм зі сталі 3пс: а, б — $T_{CB}=600^\circ C$ и $650^\circ C$, відповідно; в, г — зовнішні і внутрішні шари прокату

Іноді ефективним шляхом підвищення комплексу властивостей окремих видів прокату, особливо з низьколегованих сталей, є термомеханічна обробка (ТМО), що являє собою сукупність операцій нагрівання, деформацій і охолодження, у резуль-

таті яких формування остаточної структури сталі, а, отже, і її властивостей відбувається в умовах підвищеної щільності недосконалостей будови, створюваних пластичною деформацією. Застосовуються схеми низькотемпературної (НТМО) і високотемпературної (ВТМО) термомеханічної обробки. Розходження між схемами, власне кажучи, визначається не стільки температурою деформації, скільки домінуючим типом субструктури, що утвориться. У першому випадку це структура наклепування, у другому — прагнуть одержання полігонізованої субструктури, а іноді і дрібнозернистої рекристалізованої структури. Часто застосовується один з видів ТМО — «контрольована» прокатка. Цей метод являє собою гаряче прокатування по регламентованому, залежно від марки сталі, режимові, що включає запрограмовані температури початку і закінчення деформації, ступеня деформації і швидкості охолодження на різних стадіях обробки. Цей процес заснований на здрібнюванні аустенітного, а відповідно і феритного зерна, що дозволяє одержувати оптимальний комплекс міцностних і в'язких властивостей у низьколегованих конструкційних сталях. Найбільш широко „контрольована прокатка” застосовується при виробництві товстих листів для трубної промисловості зі сталей типу 09Г2ФБ.

4.3. Забезпечення стабільності структури і механічних властивостей прокату

Як правило, при визначенні режимів гарячого прокатування й охолодження орієнтуються на термокінетичні діаграми для середнього хімічного складу даної марки сталі, при цьому не враховуються коливання вмісту елементів у межах марочного складу. У результаті спостерігається значна неоднорідність структури і механічних властивостей різних партій прокату однієї марки

сталі. Крім цього, дослідження показують (рис. 4.12), що механічні властивості прокату залежать не тільки від вмісту хімічних елементів у сталі, але і від його геометричних розмірів (товщини, діаметра).

Причому, як правило, властивості міцності прокату зростають зі зменшенням товщини або діаметра профілю. Наприклад, у таблиці 4.2 і на рисунку 4.12 показані результати статистичного аналізу механічних властивостей листового прокату, виготовленого Карагандинським металургійним комбінатом.

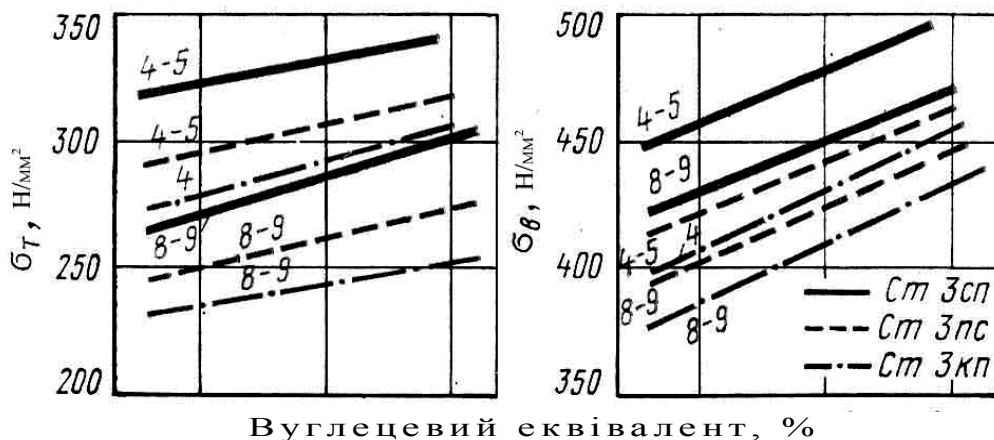


Рис. 4.12. Вплив вуглецевого еквівалента на міцнісні властивості листового прокату з вуглецевої сталі (цифри в кривих — товщина, мм)

Це пов'язано з тим, що зміна вмісту хімічних елементів у сталі, навіть у межах марочного, і збільшення швидкості охолодження зі зменшенням розміру прокату впливають на кінетику перетворення аустеніту і визначають характер структури, що утвориться, (наприклад, рис. 4.13).

Для організації на конкретному прокатному стані статистичного контролю і регулювання механічних характеристик прокату використовують експериментальні регресійні моделі, які дозволяють встановити залежності між основними показниками властивостей Y_i та вмістом хімічних елементів B_i в сталі, тех-

нологічними параметрами T_i (наприклад, $T_{к.п.}$, $T_{см}$ і ін.) або розмірами прокату h .

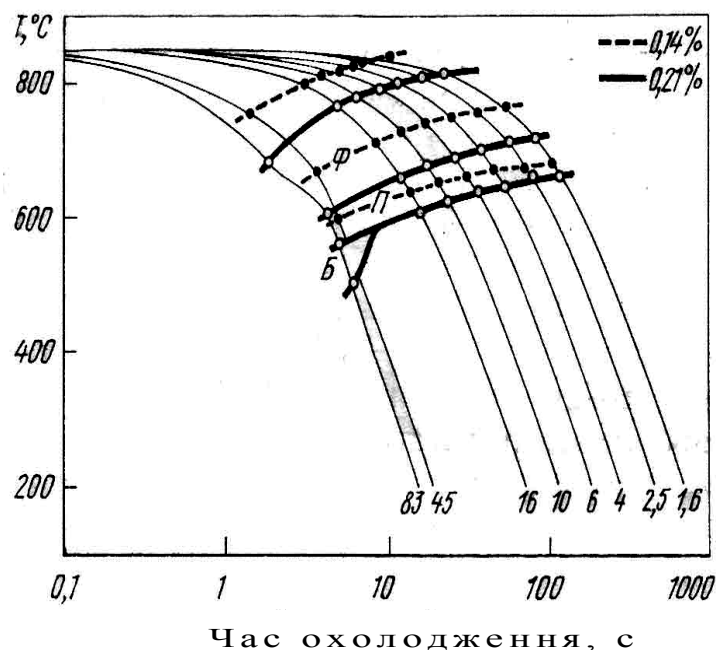


Рис. 4.13. Термокінетичні діаграми перетворення гарячедеформованого аустеніту в сталі СтЗсп із 0,14 і 0,21 %[С]. Цифри в кривих — швидкість охолодження ($^\circ\text{C}/\text{c}$) в інтервалі температур 800—700 $^\circ\text{C}$

Ці моделі мають такий вигляд

$$Y_i = a_0 + \sum a_i \cdot B_i + a_i \cdot T,$$

$$Y_i = a_0 + \sum a_i \cdot B_i + a_i \cdot h.$$

Для керування механічними властивостями прокату можна використовувати адаптовані до умов конкретного стану математичні моделі, що визначають характер структуроутворення і формування властивостей на всіх етапах виробництва.

Для умов конкретного прокатного стану, використовуючи теоретичні математичні моделі або експериментальні регресійні залежності, можна визначати рекомендації для забезпечення необхідного рівня міцності певного профілю прокату базового хімі-

чного складу (марки) сталі та наявних технологічних параметрів прокатування.

Відповідно до цих рекомендацій і наявним портфелем замовлень можна робити призначення виплавлених плавков на прокатку профілів, розміри яких гарантовано забезпечують необхідний клас міцності. Або, навпаки, при необхідності зробити прокат необхідних розмірів і класу міцності вибирають найбільш прийнятний базовий склад і температурні режими гарячого прокатування.

Таблиця 4.2. Статистичні показники розподілу механічних властивостей*)

Марка сталі	Товщина листів, мм	$\sigma_T, \text{Н/мм}^2$		$\sigma_B, \text{Н/мм}^2$		$\delta_5, \%$	
		X	S	X	S	X	S
СтЗсп	4—5	335.3	17.5	471.0	23.9	33.5	3.25
	6—7	305.7	26.5	456.8	26.7	30.8	3.57
	8—9	286.9	16.8	445.3	17.4	33.5	2.40
СтЗпс	4—5	305.3	19.1	432.2	22.3	35.2	2.57
	6—7	271.6	16.0	417.2	23.4	34.0	2.37
	8—9	262.7	18.5	418.7	21.8	34.0	2.66
СтЗкп	4	288.0	23.6	417.1	28.8	36.4	4.0
	5	271.1	20.0	411.3	19.9	35.0	3.47
	6—7	263.5	31.4	405.0	32.7	35.4	4.61
	8—9	245.9	16.3	402.0	18.2	35.8	3.24

* — X-середнє значення, S-середньоквадратичне відхилення

При відхиленні вмісту хімічних елементів партій прокату від середньомарочного (базового) складу стабільність необхідного рівня міцності досягається відповідним компенсуючим регулюванням температурних режимів прокатування.

5. КЛАСИФІКАЦІЯ І ВИДАЛЕННЯ ДЕФЕКТІВ

Важливе значення в підвищенні якості поверхні готового прокату має правильна класифікація дефектів, що виявляються на різних етапах виготовлення. Це дає можливість усунення причин утворення таких дефектів.

У практиці металургійного виробництва брак металу за поверхневими дефектами відносять до сталеплавильного або прокатного переділів, при цьому відзначається першопричина утворення браку. Для цього проводять всебічне вивчення дефектів за допомогою сучасних засобів і методів та комплексний аналіз технології висококваліфікованими фахівцями. В окремих випадках, незважаючи на однаковий зовнішній вигляд дефектів, природа їх і причини виникнення можуть бути різними. Тільки правильна класифікація дефекту дозволить вжити ефективних заходів для попередження виникнення у подальшому.

Стандартом ГОСТ 21014 класифіковано 64 дефекти поверхні прокату, що розділяються на три групи з урахуванням джерела їх виникнення і ступеня виявлення на стадіях металургійного виробництва, а саме:

- дефекти поверхні, обумовлені якістю зливка або литої заготовки;
- дефекти поверхні, що утворились в процесі деформування;
- дефекти поверхні, що утворились під час операцій доробки.

Розглянемо основні дефекти з наведених груп, причини їх утворення та способи попередження або усунення.

5.1. Дефекти поверхні, обумовлені якістю зливка або литої заготовки

Дефекти поверхні, виникнення яких пов'язане з якістю зливка або литої заготовки, які називають ще «**дефекти сталеплавильного походження**», зустрічаються найчастіше. До цієї групи відносять такі дефекти поверхні: зливкова рванина; розкатана тріщина; розкатана бульбашка; бульбашка-здуття; зливкова пліва; розкатане забруднення; розшарування.

Зливкова рванина (*ingot hot tear*) — розриви, що утворюються на початку прокатування, по ділянках зливка, ураженого дефектами (рис. 5.1).

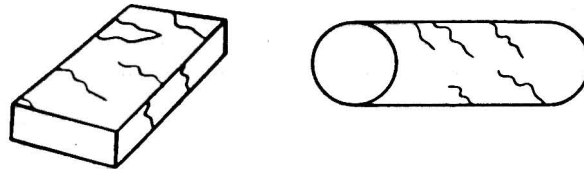


Рис. 5.1. Зливкова рванина

Тріщини в зливках і литих заготовках утворюються в зв'язку з тим, що при переході металу з рідкого стану у твердий його щільність зростає, відповідно зменшується обсяг, що і приводить до усадки металу при кристалізації. Щільність і об'єм металу також змінюються при кристалізації в результаті фазового $\delta \rightarrow \gamma$ перетворення. Тому до утворення тріщин найбільш схильні сталі зі вмістом вуглецю 0,12—0,15 %, у яких це перетворення інтенсивно розвивається.

Крім цього, утворення тріщин можливе при наявності крихких локальних ділянок у поверхневих шарах литого металу (порушень суцільності через неметалеві і шлакові включення) і т.п. На розвиток тріщин винятковий вплив робить профіль зливка.

Може відбуватися ”зависання” зливка — нерівномірна його кристалізація і виникаючі напруження неминуче приводять до утворення поперечних тріщин. Підвищення вмісту сірки в сталі з 0,030 до 0,040 % приводить до збільшення ураженості зливок тріщинами в 3—4 рази.

На литих заготовках можливе утворення наступних поверхневих тріщин (рис. 5.2): 1 — зовнішні суцільні; 2 — подовжні; 3 — кутові; 4 — поперечні; 5 — кутові поперечні; 6 — зіркоподібні.

Тріщини утворюються в кристалізаторі через нерівномірне охолодження заготовки, а також унаслідок надмірного стиснення валками, що тягнуть заготовки з рідкою серцевиною. Є ще цілий ряд причин, що сприяють утворенню тріщини на литій заготовці.

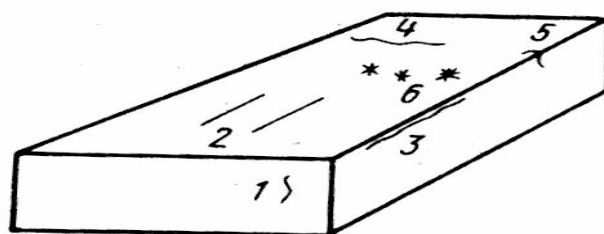


Рис. 5.2. Види тріщин на поверхні безперервнолитої заготовки

Розкатана тріщина (*rolled crack*) являє собою (рис. 5.3) розрив металу, що утворився при розкатуванні подовжньої або поперечної тріщини зливка або литої заготовки.

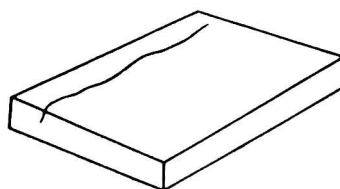


Рис. 5.3. Розкатана тріщина

Попередити утворення рванин і тріщин на поверхні прокату можна шляхом усунення причин утворення дефекту на литому металі в результаті оптимізації технологічних параметрів виплавки і розливання сталі.

Розкатана бульбашка (*rolled blister*) має вигляд (рис. 5.4) прямолінійної подовжньої тріщини, що утворилася при розкаті зовнішньої або підповерхневої газової бульбашки зливка або литої заготовки.

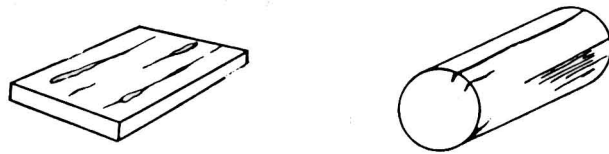


Рис. 5.4. Розкатана бульбашка

Бульбашка-здуття має вигляд (рис. 5.5) локалізованого спучування металу, що утвориться на поверхні листа через підвищене місцеве забруднення металу газами.

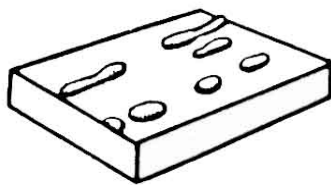


Рис. 5.5. Бульбашка-здуття

Практично утворення бульбашок в основному зв'язано з підвищеною газонасиченістю або неповним виділенням надлишкових вмістів газів з рідкого металу, що кристалізується, виділенням газів і вологи з внутрішньої поверхні виливниці або кристалізатора, а також іншими причинами. Попередити утворення бульбашок на поверхні прокату можна знизивши газонасиченість

сталі шляхом удосконалювання технології виплавки і розливання сталі.

Зливкова пліва (*rolled slab, sliver*) — дефект поверхні у вигляді відшарування язикоподібної форми (рис. 5.6), частково з'єданого з основним металом, що утворився від розкатування окислених бризків, заплесків і грубих нерівностей поверхні зливка, обумовлених дефектами внутрішньої поверхні виливниці.

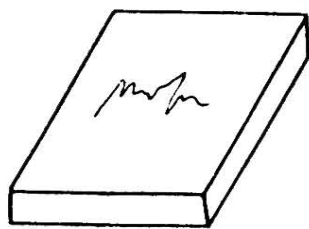


Рис. 5.6. Зливкова пліва

Плівки характерні для злиwkів, що відливаються зверху, хоча виявляються іноді й у нижній частині злиwkів, відлитих сифоном. Зниження плівкоутворення досягається, насамперед, шляхом зменшення влучення бризків рідкого металу при розливанні на стінки виливниці, для чого використовують різні методи, викладені в спеціальній літературі.

Розкатане забруднення (*rolled slag patch*) являє собою (рис. 5.7) витягнуте у напрямку деформації розкатане поверхневе забруднення зливка або вилитої заготовки шлаком, вогнетривом, теплоізоляційною сумішшю.



Рис. 5.7. Розкатане забруднення

Розшарування (*delamination*) — тріщини на краях і торцях листів і інших видів прокату, що утворилися при наявності в металі усадочних дефектів, внутрішніх розривів, підвищеного забруднення неметалевими включеннями (рис. 5.8).

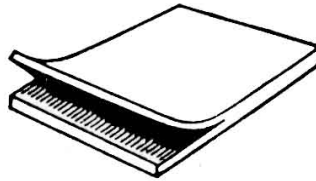


Рис. 5.8. Розшарування

Уникнути появи на прокаті дефектів у вигляді розшарування і забруднень можна суворо дотримуючись технології виплавки і розливання сталі, а також якісно підготовляючи потяги (состави) з виливницями.

Трансформація деяких поверхневих дефектів зливкового походження на різних етапах прокатного виробництва показана на рис. 5.9.

	I	II	III
a			
b			
в			
г			
д			

Рис. 5.9. Зовнішній вигляд деяких поверхневих дефектів: *a* — бульбашки; *б* — тріщини напруження подовжні; *в* — те ж поперечні; *г* — кірочка; *д* — забруднення.

I — на зливку; II — на блюмі; III — на сортовому прокаті

5.2. Дефекти поверхні, що утворилися в процесі деформації

Дефекти поверхні, які виникають у процесі деформації металу, тобто дефекти прокатного походження, виникають переважно через порушення технології нагрівання металу перед прокатуванням, під час прокатування та під час охолодження прокатаного металу. До таких дефектів найчастіше відносяться наступні.

Шпаківня (*скворечник, pigeon hole*) має вигляд (рис. 5.10) порожнини, що вийшла на поверхню розкату зі згладженими й окисленими стінками, що утворилася при прокатуванні в результаті розкриття внутрішньої тріщини, що виникла під дією напружень при нагріванні холодного металу.

Для попередження утворення цього дефекту потрібно не допускати форсованого нагрівання металу.

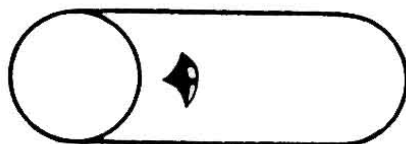


Рис. 5.10. Шпаківня

Швидкість нагрівання, особливо в початковий період, повинна точно відповідати встановленій інструкцією для конкретного хімічного складу сталі.

Лускатість (*чешуйчатость, rippled surface*) являє собою (рис. 5.11) відшарування і розриви у вигляді сітки, що утворилася внаслідок перегріву або зниженої пластичності металу периферійної зони.



Рис. 5.11. Лускатість

Поява цього дефекту зв'язана з локальним підвищенням припустимої температури нагрівання, у результаті чого відбувається інтенсивне збільшення зерен металу з наступним окислюванням і навіть оплавленням їхніх границь. Така поверхня металу в процесі деформації руйнується, утворюючи сітку рванин, яка має характерний вигляд луски. Основна міра попередження цього дефекту — суворе дотримання встановлених для даної марки сталі температур нагрівання.

Тріщина напруження (*stress crack*) являє собою (рис. 5.12) розрив металу, що йде вглиб під прямим кутом до поверхні.

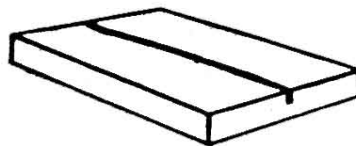


Рис. 5.12. Тріщина напруження

Причиною утворення подібних тріщин є об'ємні напруження, пов'язані зі структурними перетвореннями при нагріванні з великою швидкістю холодних зливків і заготовок, особливо з легованих і високовуглецевих сталей.

Дрібні тріщини можуть утворюватися і при інтенсивному охолодженні гарячекатаного прокату. Виникнення таких тріщин обумовлено розтягуючими напруженнями, що виникають внаслідок нерівномірного охолодження поверхневих і внутрішніх шарів

металу. При надмірно інтенсивному охолодженні прокату з високівуглецевих тріщиночутливих сталей наскрізні тріщини напружень можуть спостерігатися по всій довжині прутків.

Деформаційна рванина (*hot tears*) — дефект поверхні у вигляді розкритого розриву, розташованого поперек або під кутом до напрямку найбільшої витяжки металу при прокатуванні (рис. 5.13), що утворилася внаслідок зниженої пластичності металу.

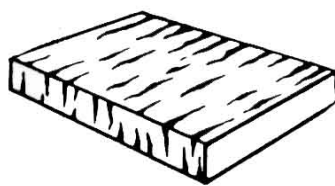


Рис. 5.13. Деформаційна рванина

Рванини концентруються переважно біля ребер і по всій поверхні металу. Як правило, рванини деформаційного походження утворюються при порушенні схеми гарячої пластичної деформації, коли часткові обтиснення перевищують оптимальну величину.

Рванини на краях (*creaked edge*) — розриви металу по краях листа і стрічки (рис. 5.14).

Причини утворення дефекту «рваний край» можна розділити на дві групи.

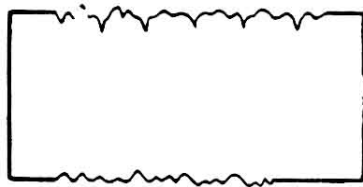


Рис. 5.14. Рванини на краях

До першої відносяться причини, безпосередньо зв'язані з якістю слябів. Так, появі дефекту сприяє наявність рванин на бічних гранях слябів, а також близьке розташування до поверхні

зливків і слябів газових бульбашок. Загальноприйнятою є думка, що для одержання гарячекатаних штаб без рваного краю необхідно, щоб величина співвідношення вмісту марганцю і сірки в складі сталі була не менше 12.

Друга група поєднує причини, зв'язані з порушенням технології нагрівання зливків і слябів і гарячого прокатування штаб. Оплавлення при нагріванні зливків і слябів сприяє появі рваного краю гарячекатаних штаб. Збільшення сумарного абсолютного обтиснення у вертикальних валках чорнових клітей зменшує кількість штаб, уражених дефектом «рваний край».

Прокатана плівка (*rolling skin*) являє собою (рис. 5.15) відшарування металу язикоподібної форми, з'єднане з основним металом одною стороною, що утворилася внаслідок розкату або розковки рваних, підрізів, слідів глибокого зачищення дефектів або сильного вироблення валків, а також грубих механічних ушкоджень.

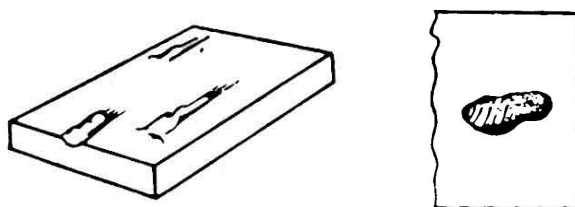


Рис. 5.15. Прокатана плівка

Риска (*guide mark*) — дефект поверхні у вигляді канавки без виступу країв із закругленим або плоским дном (рис. 5.16), що утворився від дряпання поверхні металу зношеною валковою арматурою, незадовільного стану транспортуючих рольгангів і недбалого складування гарячого металу.

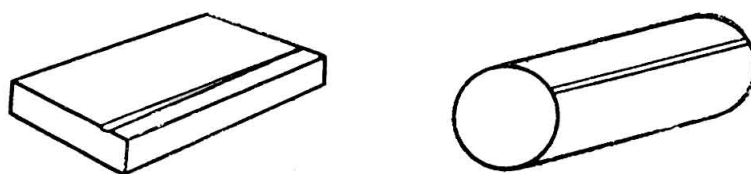


Рис. 5.16. Риска

Вус (*ridge*) являє собою подовжній виступ з однієї або двох діаметрально протилежних сторін прутка (рис. 5.17), що утворився внаслідок неправильної подачі металу в калібр, переповнення калібрів або неправильного настроювання валків і привалкової арматури.

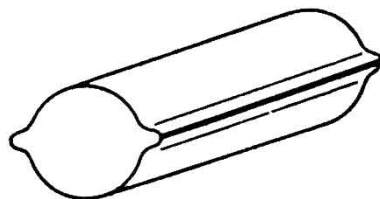


Рис. 5.17. Вус

Вкатана окалина (*rolled-in scale*) — дефект поверхні у вигляді вкраплень залишків окалини, втисненої в поверхню металу при деформації (рис. 5.18).

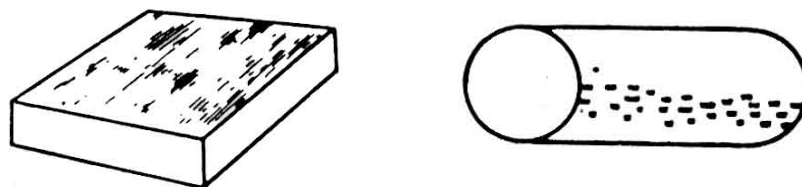


Рис. 5.18. Вкатана окалина

Причиною виникнення дефекту є первинна окалина, що приварилася до поверхні через окисну атмосферу печі і неправильного температурного режиму нагрівання металу.

Рябизна (*pitted surface*) — дрібні поглиблення, що утворюють смуги або сітку (рис. 5.19). Спостерігається після видалення вкатаної окалини.

Причиною виникнення дефекту є залишки первинної окалини, щільно зв'язаної з основною поверхнею металу через несприятливий режим роботи нагрівальної печі або поганого видалення окалини перед деформацією й у процесі самої деформації.

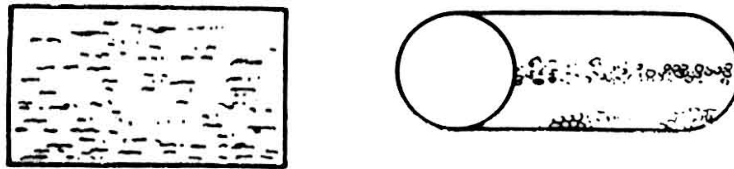


Рис. 5.19. Рябизна

Попередженню утворення дефектів типу вкатана окалина і рябизна сприяють, насамперед, способи нагрівання, що зменшують товщину окалини: прискорене нагрівання, нагрів у захисній атмосфері і т.п.

Під час прокатування під впливом формозміни окалина в більшості випадків досить легко відвалюється. Однак для більш повного видалення окалини, що утворилася в процесі виробництва деяких видів сортового прокату, удосконалюють калібрування валків. Радикальною мірою видалення окалини з поверхні металу є застосування окалинозламувача і гідрозбиву у лінії стану.

Раковина-вдав — одиночні поглиблення на поверхні листа і стрічки, що утворюються при випаданні або витравлюванні вкатанної сторонньої частки (рис. 5.20).

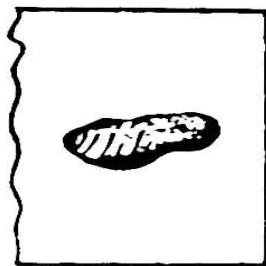


Рис. 5.20. Раковина-вдав

Найбільш часто вони являють собою частки металу, відірвані або ті, що відшарувалися від крайок штаби, або від привалкової арматури в результаті їхнього тертя. Якщо ці частки не витравлюються і не випадають, то такий дефект поверхні гарячека-

таних штаб класифікуються вже як вкатані металеві частки. Ці дефекти зустрічаються переважно на верхній поверхні гарячекатаних штаб. Основним способом запобігання цього дефекту є недопущення вкатування сторонніх часток у поверхню металу.

Відбитки (*roll marks, indentations*) — дефекти поверхні у вигляді поглиблення або виступів, розташованих по всій поверхні або на окремих її ділянках (рис. 5.21), що утворилися від виступів і поглиблень на прокатних валках. У зв'язку з цим дефект звичайно повторюється по довжині розкату з однаковим періодом.

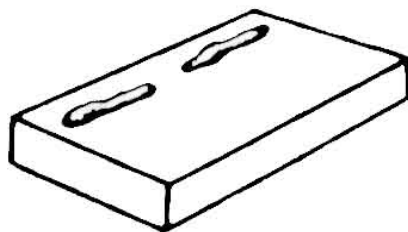


Рис. 5.21. Відбитки

Основними заходами з попередження відбитків є забезпечення чистоти поверхні і своєчасна заміна валків.

5.3. Дефекти поверхні, що утворилися при операціях оброблення

Дефекти поверхні готового прокату, які можуть утворюватися при оброблення (*отделке*), пов'язані з механічними ушкодженнями поверхні під час виконання цих операцій. Такими операціями, що здійснюються після основного формування прокату є транспортування, складування, зачистка, пакування та інші.

При очищенні прокату від окалини можливе утворення ряду характерних дефектів поверхні, основними з яких є: недотрав, перетрав, наліт шламу, залишки окалини. Як правило, ці дефекти неусувні і пов'язані з порушеннями технологічних режимів травлення або нерівномірним шаром і нестабільним складом окалини, що утворилася при гарячому прокатуванні.

Тому особливу увагу треба приділяти заходам попередження. Для листового прокату це, насамперед, якісна робота окалиновідламуючих засобів у лінії безперервно-травильних агрегатів.

Значно знижують якість готового прокату плями іржі — дефект поверхні у вигляді плям або смуг з пухкою структурою окисної плівки. Запобігти утворенню цього дефекту можна, забезпечивши якісне промивання металу від травильних розчинів і виключивши потрапляння вологи на чисту поверхню прокату.

Крім цього, необхідно враховувати, що регулюючи параметри виробництва з метою поліпшення якості поверхні, можна погіршити якість прокату за геометричними розмірами або механічними властивостями.

Тому на кожному підприємстві, з урахуванням існуючої технології і досвіду виробництва, встановлені оптимальні режими виплавки і розливання сталі, зачищення поверхні заготовок, нагрівання металу перед прокатуванням, деформаційні параметри прокатування та умови його наступного охолодження, а також параметри чистової обробки (доробки), що дозволяють забезпечити високу якість поверхні готового прокату та, одночасно, інші показники якості.

Незважаючи на суворий контроль за дотриманням встановлених режимів виробництва, на практиці досить складно забезпечити стабільну якість поверхні усього виробленого прокату. Для попередження виникнення дефектів використовують міжопераційний контроль та видалення виявлених дефектів.

Залежно від ступеня дефектності поверхні застосовується суцільне або вибіркоче видалення поверхневих дефектів на зливках, заготовках і готовому прокаті. При цьому втрати металу при зачищенні зростають з ускладненням хімічного складу сталі від 1,2—2,8 % (конструкційна) до 8,0—13,0 % (корозійностійка).

Зачищення дефектів типу тріщин, забруднень, плівок, бульбашок на холодних зливках здійснюють лезовим інструментом (фрезерування, стругання, пневматична вирубка), абразивним і вогневим зачищенням.

Зачищення дефектів типу рванин, бульбашок, тріщин, плівок, закатів та ін. на напівпродукті в холодному і гарячому стані роблять переважно вогневим, іноді абразивним, способом. Причому, в зв'язку з тим, що в даний час більшість злиwkів подається в нагрівальні колодязі обтискних станів гарячим всадом широко застосовується суцільне зачищення блюмів, слябів на машинах вогневого зачищення (МВЗ). Литі сляби і заготовки також піддають суцільному механізованому зачищенню на високопродуктивних лініях у складі МБЛЗ.

Видалення дефектів з поверхні готового сортового і листового прокату роблять абразивним зачищенням, різцевим обдиранням або пневматичною вирубкою.

Незважаючи на значний обсяг зачищення металу, деякі дефекти поверхні прокату виправленню не піддаються. Наприклад, такі дефекти поверхні гарячекатаних штаб як зливкова плівка, розкатані бульбашки, розшарування та ін.

Тому висока якість поверхні прокату найбільш ефективно забезпечується заходами попереджувального характеру, а не застосуванням різних способів виправлення дефектів.

6. СУЧАСНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ТА ЇХ ОСОБЛИВОСТІ В МЕТАЛУРГІЇ

6.1. Принципи створення та діяльності систем якості

Загальні принципи створення та функціонування систем якості для будь-якої організації в Україні (виробничого підприємства, торгівельного закладу, фірми з надання послуг та інше) регламентуються стандартом ДСТУ ISO 9001-2001, який має назву «Системи управління якістю. Вимоги. (ISO 9001:2000, IDT)» [1]. Вже з назви видно, що цей стандарт ідентичний міжнародному стандарту ISO серії 9001 в редакції 2000 року.

Цим стандартом регламентуються такі основні принципи створення та функціонування систем якості:

- 1 — система управління якістю;
- 2 — відповідальність керівництва;
- 3 — управління ресурсами (залучення персоналу);
- 4 — випуск продукції (виробничі процеси);
- 5 — вимірювання, аналіз та поліпшення

Під терміном «**система управління якістю**» розуміють створення в структурі організації саме «системи», яка б забезпечувала ефективне управління якістю продукції або послуг. Отже, в організації потрібно не просто призначити відповідальних за якість, а необхідно створити систему з існуючих підрозділів та організувати їх ефективну взаємодію. Для цього, організація повинна встановити, задокументувати, впровадити та підтримувати систему управління якістю і постійно поліпшувати її результативність. Основними документами, що визначають діяльність системи управління якістю в організації є:

- політика у сфері якості;
- настанова з якості;
- методики;

Документ під назвою «Політика у сфері якості» декларує загальні принципи організації, якими вона буде керуватись у своїй діяльності. Настанова з якості регламентує обов'язки, взаємодію та відповідальність окремих підрозділів та посадових осіб у сфері управління якістю. Для кожного з процесів, пов'язаних з виробничою діяльністю та управлінням якістю необхідно розробити або затвердити використання існуючих методик. В методиках визначаються усі дії пов'язані з поточною діяльністю, управлінням документацією, розробкою та актуалізацією протоколів.

Відповідальність керівництва реалізується не тільки через затвердження ним відповідних документів системи управління якістю, а й через такі посадові обов'язки як управління ресурсами, взаємодія з замовниками та постачальниками, аналіз та інформування, планування. Лише за умови зацікавленості та компетентності керівництва можливе поліпшення якості продукції.

Управління ресурсами передбачає організацію ефективного використання матеріальних ресурсів, задіяних у виробничих процесах; раціональне використання людських ресурсів (підбір персоналу, планування підвищення його кваліфікації, залучення до управління якістю та інших сфер діяльності); управління інфраструктурою організації (будівлі, виробничі приміщення, обладнання, допоміжні служби); створення та збереження відповідного виробничого середовища.

Виробничі процеси є основою діяльності будь-якої організації. Саме у виробничих процесах створюються матеріальні цінності, тому раціональна їх організація відіграє вирішальну роль у забезпеченні якості продукції (послуг). Неefективні виробничі процеси призводять до втрати конкурентоспроможності продукції і, як наслідок конкурентної боротьби, до руйнування організації. Тому у підвищенні ефективності виробничих процесів безпосередньо зацікавлений весь персонал організації. За цих умов

якість продукції стає об'єктивним показником ефективності, як виробничих процесів, так і діяльності всієї організації. Можна забезпечити абсолютно точне дотримання всіх вимог при виробництві, але якщо продукція не користується попитом, то всі зусилля будуть марними. З іншого боку, впровадження лише сучасної системи управління якістю без удосконалення виробничих процесів не гарантує збереження організації.

Для забезпечення ефективності виробничих процесів важливо створення саме системи управління якістю, яка передбачає планування випуску продукції, визначення вимог до продукції, врахування вимог споживачів, проектування нових видів продукції, зв'язок з постачальниками, організацію виробництва та інші аспекти діяльності, які безпосередньо пов'язані з виробничими процесами.

Вимірювання, аналіз та поліпшення, які здійснюються відповідними підрозділами системи управління якістю, необхідні для успішного функціонування всієї організації. Саме ці підрозділи надають об'єктивну інформацію для прийняття рішень з поточного керування виробничими процесами та перспективного планування діяльності організації. Підрозділи організації, на які покладені зазначені функції, не створюють матеріальних цінностей. Це фактично надбудова над виробничими процесами. Але без такої інформації неможливе не тільки управління якістю продукції, але й управління організацією взагалі.

Головними напрямками діяльності зазначених підрозділів є:

- внутрішній аудит;
- моніторинг та вимірювання процесів;
- моніторинг та вимірювання продукції;
- управління невідповідною продукцією;
- аналіз даних;
- розробка заходів з поліпшення.

Всі наведені складові системи управління якістю є обов'язковими вимогами стандарту. В разі потреби організації можуть доповнювати системи управління якістю необхідними підрозділами у відповідності з цілями своєї діяльності. В узагальненому вигляді, згідно вимог ДСТУ ISO 9001-2001, система управління якістю доповнює систему управління організацією і робить її єдиною системою. Модель системи управління якістю, в основу якої покладено процес, наведено на рис. 6.1.

Таким чином, створення та функціонування системи управління якістю являє собою сукупність певних невиробничих постійно діючих процесів. На їх здійснення організація повинна витратити певні ресурси. Витрати на функціонування системи управління якістю здебільшого не включають у витрати по переділу і враховують у статті виробничої калькуляції «загальні витрати». Звичайно такі витрати не можуть перевищувати певної величини. Виникає питання — за яких умов система управління якістю буде ефективною? Відповідь на це питання залежить від багатьох факторів і для кожної організації може бути своя.

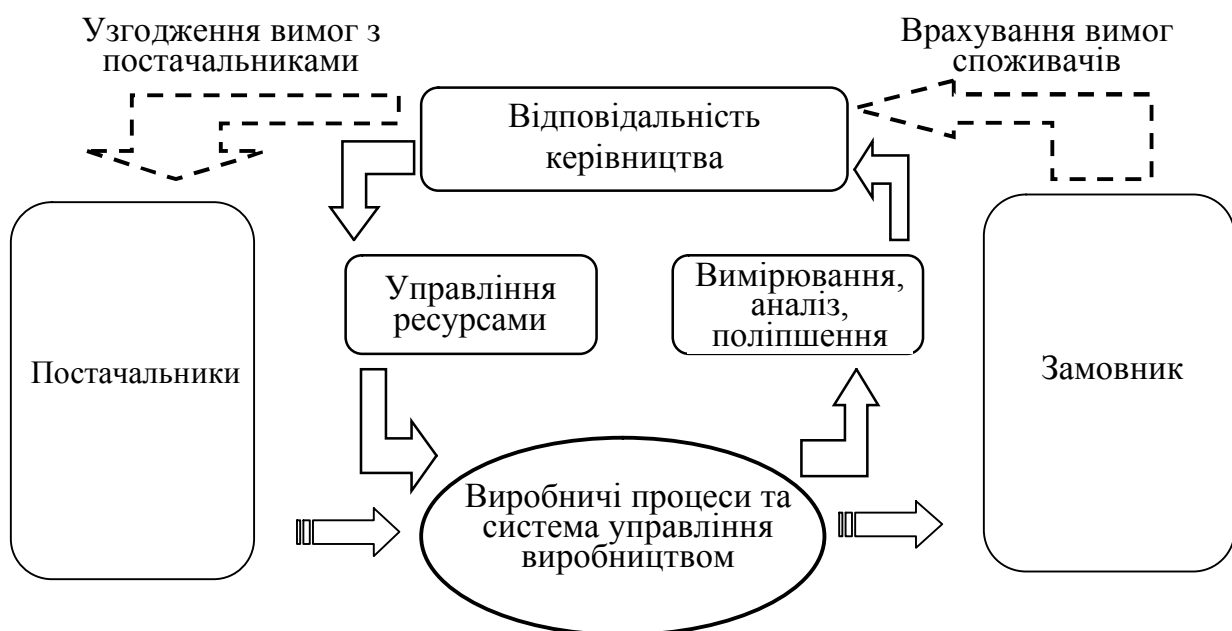


Рис. 6.1. Модель системи управління якістю, в основу якої покладено процес

Але відомі загальні принципи, які виявлені досить давно. Ці принципи викладені у загальновідомій роботі У. Шухарта виданій ще у 1931 році. Ця праця мала назву «Економічне управління якістю промислової продукції».

Головний зміст цієї роботи зводиться до таких положень:

1. В умовах масового повторення технологічних операцій завжди вигідно якомога дужче обмежувати виникаючі відхилення числових значень критерію якості оброблюваної заготовки або готового виробу, **якщо це не викликає надмірних витрат.**

2. Витрати не будуть надмірними, якщо максимально враховувати систематичні похибки, що викликані причинами, які можна визначити.

3. Усунення похибок (відхилень) викликаних постійно діючою системою випадкових причин неможливе, через їх значну кількість і незначний вплив кожної з них.

4. Вплив на систему в цілому занадто дорогий і означає реконструкцію всього технологічного процесу.

Для виявлення систематичних похибок (відхилень параметрів) Шухарт запропонував методіку з використанням контрольних карт. Пізніше в системах управління якістю стали використовувати і інші статистичні методи. В остаточному вигляді вимоги до систем якості знайшли відображення у стандартах ISO серії 9000.

6.2. Особливості систем якості металургійних підприємств

Металургія відрізняється досить високим рівнем організації праці та технічного контролю. Без цих складових нормальна діяльність металургійного підприємства практично неможлива. Тому системи управління якістю, у тій чи іншій формі, завжди

супроводжували виробничі процеси металургії. На сучасному етапі розвитку системи управління якістю металургійних підприємств природним чином розвиваються та удосконалюються. Вони відповідають загальним принципам створення таких систем згідно з рекомендацій міжнародних та національних стандартів. Але, через наявність специфічних особливостей виробничих процесів, системи управління якістю у металургії зберігають певні відмінні риси. Розглянемо деякі з цих особливостей.

Типова структура системи управління якістю металургійного підприємства наведена на рисунку 6.2. Така система зазвичай інтегрована у існуючу систему управління, але функціонує як самостійні підрозділи, вирішуючи покладені на них задачі.

Зважаючи на відповідальність керівництва, очолює систему якості підприємства представник вищого керівництва рівня замісника директора з якості. Він організовує і відповідає за роботу таких підрозділів:

- відділ технічного контролю;
- центральна лабораторія;
- відділ управління якістю;
- відділ стандартизації;
- відділ метрології;
- відділ маркетингу.

Відділ технічного контролю (ВТК) безперечно є основною складовою системи якості. Основними задачами ВТК є здійснення контролю технологічних параметрів на всіх етапах виробничих процесів; визначення параметрів продукції; документальне оформлення продукції. Основними функціями відділу технічного контролю (ВТК) на металургійному підприємстві є:

– контроль якості вихідних матеріалів, нагляд за правильністю їхнього маркування, складування і збереження;

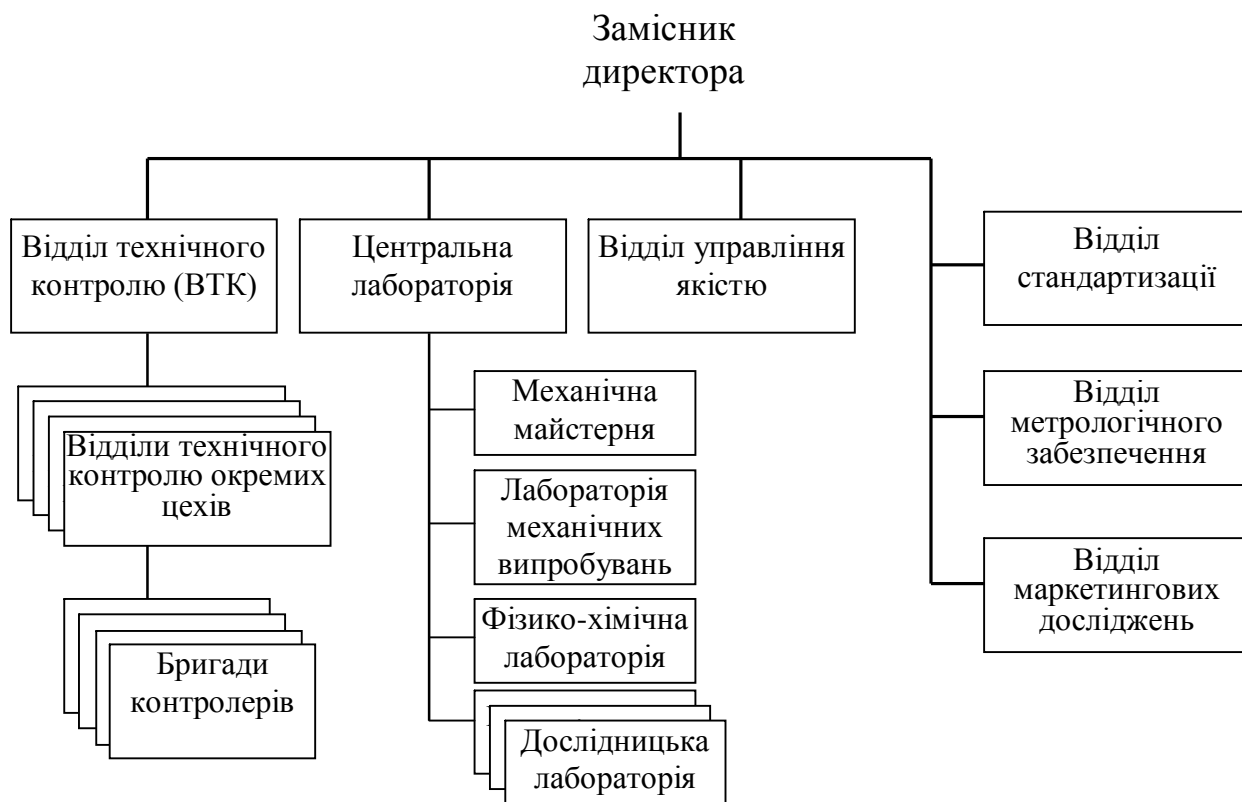


Рис. 6.2. Типова схема системи управління якістю металургійного підприємства

- контроль установленної технології виробництва;
- відбір проб від напівфабрикатів і готової продукції, проведення необхідних випробувань;
- оцінка якості готової продукції;
- оформлення необхідної технічної (здавальної) документації (сертифікатів);
- облік і аналіз браку і виявлення причин, що його викликають;
- вивчення рекламаций споживачів на відправлену продукцію і вживання відповідних заходів;
- складання звітів про якість металопродукції.

На кожному підприємстві структурна схема ВТК, кількість ділянок і їхніх функцій визначаються в залежності від характеру виробництва і сортаменту продукції, що випускається.

Технічний контроль в прокатних цехах включає три стадії: вхідний контроль; контроль технологічного процесу; здавальний (кінцевий) контроль.

Вхідний контроль. Вхідний контроль полягає у визначенні відповідності хімічного складу металу вимогам стандарту, оцінці стану поверхні зливків або заготовок. У необхідних випадках здійснюють контроль макроструктури металу.

Обсяг вхідного контролю залежить від технології виробництва і виду продукції, що випускається.

Хімічний склад зливка або заготовки відповідає плавочному аналізу, виданому сталеплавильним цехом.

Контроль температури зливків, що надходять до нагрівальних колодязів зі сталеплавильних цехів, здійснюють оптичними пірометрами, а також на основі розроблених на кожному підприємстві графіків або таблиць, які показують температуру зливків, залежно від часу після розливання плавки.

Більшість зливків надходить в обтискні цехи в гарячому стані. Тому вони візуальному оглядові поверхні не піддаються. Якість зливків оцінюють на основі загальної характеристики технологічного процесу, починаючи від виплавки і кінчаючи їхньою посадкою в нагрівальні колодязі.

Сутність контролю якості зачищення холодного металу полягає в перевірці правильності встановлених режимів зачищення, перевірці стану поверхні зливків і заготовок після зачищення.

Технологічний контроль. На обтискних, заготовочних, сортових, товстолистових і широкоштабових станах здійснюють контроль наступних технологічних процесів: нагрівання заготовки, прокатування металу та обробляння готового прокату (на ста-

нах холодного прокатування виключається процес нагрівання заготовки).

При нагріванні контролюють режими горіння палива, тривалість і температуру нагрівання металу.

При прокатуванні контролюють: деформаційний і швидкісний режими; форму і розміри профілю, що прокатується, при гарячому прокатуванні — температуру початку, кінця і умови охолодження. Ведеться спостереження за станом поверхні валків, зусиллями прокатки, споживаною потужністю.

При обробці готового прокату контролюють параметри порізки, виправлення, термообробки, дресирування та ін.

Усі параметри, що підлягають контролю, і вимоги правильного ведення технологічного процесу встановлюються в технологічних інструкціях (ТІ), що розробляються технічними й інженерними службами підприємства.

Призначення цих інструкцій — послідовний виклад технології і її режимів на всіх етапах виробництва металу, що забезпечують необхідну стандартами і замовниками якість готової продукції.

Як правило, інструкція встановлює технологію виробництва не в цілому по цеху, а на одному агрегаті або ділянці. Наприклад, у цеху гарячого прокатування металургійного комбінату "Запоріжсталь" діє кілька інструкцій: ТІ "Нагрівання слябів і прокатка штаб на безперервному товстолистовому стані гарячої прокатки 1680", ТІ "Різання штаб на агрегатах поперечного і подовжнього різання, обробка гарячекатаного листа з вуглецевих і низьколегованих сталей", ТІ "Упакування гарячекатаних листів і рулонів" і ін. Відповідальність за дотриманням вимог інструкцій покладається на керівників і технологічний персонал цеху, а контроль за їхнім виконанням покладається на службу ВТК.

Прилади і вимірювальні пристрої, які застосовують для контролю технології на прокатних станах і в лініях обробки підрозділяються на наступні групи: вимірювачі параметрів процесу прокатування; датчики, що контролюють положення прокату і слідкуючі за проходженням його в лінії стану й агрегатів обробки; пристрої для контролю геометричних розмірів, форми і якості поверхні прокату.

До першої групи відносяться вимірювачі зусилля і швидкості прокатування, датчики температури металу.

До другої групи — датчики положення металу в лінії стану і в агрегатах обробки.

Третя група включає вимірювачі геометричних розмірів (довжини, ширини, товщини), форми (хвилястість, жолоблення штаб), прилади для дефектоскопії поверхні прокату.

Виміри технологічних параметрів дозволяють оперативно змінювати їх і впливати на якість прокату ще в процесі його виробництва. На сучасних станах з високими швидкостями прокатування результати вимірювань параметрів використовують у системах автоматичного регулювання.

Задачі систем автоматизації прокатного стану можна розділити на кілька рівнів. З позицій забезпечення необхідної якості прокату можна виділити два комплекси задач — початкове настроювання обладнання прокатного стану і його коректування безпосередньо в процесі прокатування в залежності від відхилень значень контрольованих (виміряних) параметрів.

Початкове настроювання прокатного стану складається з вибору режимів деформування, калібрування (профілювання) валків і їхнього настроювання або вибір, швидкісних режимів прокатування, межклітьових натягів, температурних режимів нагрівання, прокатування та охолодження металу та ін.

Залежно від ступеня оснащення вимірювальними приладами і рівня автоматизації прокатного стану при визначенні параметрів початкового настроювання враховується реальний хімічний склад сталі, точність геометричних розмірів заготовки і наявність дефектів, вимоги до якості готової продукції і поточний технічний стан обладнання стану.

Найбільший розвиток системи автоматизації одержали на широкоштабових станах гарячого і холодного прокатування. В останні роки розвиток, наприклад, широкоштабових станів гарячого прокатування йде шляхом підвищення рівня автоматизації і можливостей виконуючих механізмів, що регулюють процес прокатування і параметри якості продукції.

Регулювання параметрів якості прокату роблять з використанням локальних систем автоматизації. Так, наприклад, на широкоштабових станах гарячого прокатування застосовуються наступні основні локальні системи регулювання:

- температурного режиму нагрівання слябів,
- темпу видачі нагрітих слябів,
- настроювання положення вертикальних і горизонтальних валків робочих клітей,
- узгодження швидкостей робочих валків,
- товщини, ширини, форми поперечного перерізу, площинності і серповидності штаб,
- температури кінця прокатування, змотування і швидкості охолодження штаб.

Регулювання деяких параметрів якості прокату взаємозалежне. Так, наприклад, зниження неплщинності штаб може привести до збільшення поперечної різнотовщинності. У зв'язку з цим для систем автоматичного регулювання розробляються складні математичні моделі, що дозволяють визначати найбільш раціональні шляхи підвищення якості прокату (визначати страте-

гію регулювання в залежності від комплексу показників якості продукції). Деякі системи автоматизації настільки складні і дорогі, що їхнє застосування обмежується економічними міркуваннями. Наприклад, системи автоматичного визначення якості поверхні заготовок і готового прокату застосовуються досить рідко, тому що для масових видів металопрокату вартість такої системи найчастіше перевищує економічну вигоду від її застосування.

Здавальний контроль. Здавальний контроль найбільш відповідальний і призначений для визначення відповідності якості готової продукції вимогам стандартів або технічних умов замовника.

Контроль готового прокату може включати наступні операції:

- визначення хімічного складу металу;
- визначення геометричних розмірів;
- визначення механічних і технологічних властивостей;
- визначення макро- і мікроструктури металу;
- виявлення внутрішніх і зовнішніх дефектів.

Обсяг і методика контролю для кожного виду прокату встановлюється в стандартах.

Контроль хімічного складу сталі здійснюють у сталеплавильному цеху. Беруться контрольні проби при розливанні сталі, і в прокатний цех метал надходить із зазначенням середнього хімічного складу, що і вказується в сертифікаті на готовий прокат (звичайно не відповідального призначення або масових видів). В окремих випадках, передбачених стандартом, визначається хімічний склад зразків готового прокату (методи визначення хімічних елементів викладені в спеціальних стандартах).

Розміри готового прокату контролюють за допомогою вимірювання спеціальними шаблонами або інструментом (мікрометр, штангенциркуль і ін.). Місце контролю розмірів прокату

варто вибирати так, щоб отриманий результат вимірювання найбільш об'єктивно оцінював основну масу продукції.

Точність профілю і форми готового прокату визначають за допомогою вимірювального інструмента або приладів.

Визначення механічних і технологічних властивостей прокату роблять за стандартними методами у лабораторії механічних випробувань. Відбір проб, заготовок і зразків для випробувань роблять відповідно з вимогами ГОСТ 7564.

Найбільш розповсюдженим способом визначення механічних властивостей металу є випробування на розтягування відповідно до ГОСТ 1497, при якому розтягуюча сила (навантаження), рівномірно розподілена по поперечному перерізу зразка. При цьому зразок розтягується у випробувальній машині до розриву.

Ударна в'язкість визначається при випробуваннях надрізанних зразків на ударний вигин за ГОСТ 9454.

Вимірювання твердості — найдоступніший і широко розповсюджений неруйнівний метод механічних випробувань металів. Твердість прокату визначають згідно ГОСТ 9012. Застосовують три види випробувань на твердість: по Брінелю (НВ), по Роквелу (HRC) і по Вікерсу (HV).

Технологічні властивості прокату визначаються в результаті спеціальних випробувань в умовах подібних тим, у яких буде працювати метал у споживачів.

У залежності від нормованої характеристики застосовуються різні методи технологічних випробування.

Так, проба на осадження, встановлювана для якісної сталі для холодного видавлювання і висадження, робиться за ГОСТ 8817 шляхом осаджування циліндричних зразків з відношенням висоти (h) до діаметра (d) рівним двом і спостереженням за станом їхньої бічної поверхні. Про необхідну пластичність судять по

відсутності розривів на бічній поверхні при нормативній величині деформації при осадженні.

Випробування на вигин роблять відповідно до вимог ГОСТ 14019. Метал витримав іспит, якщо в місці вигину немає надри-вів, тріщин і розшарувань.

Випробування на видавлювання листів і стрічки по Еріксе-ну роблять за ДСТУ 19510. На листовому зразку видавлюється з визначеним навантаженням ковпачок за допомогою сферичного пуансона.

Показником пластичності (штампованості) металу служить глибина лунки до утворення тріщини, що порівнюється з нормою стандарту на тонколистовий прокат.

Крім цього стандартизовані й інші види технологічних ви-пробувань: випробування на розплющування (ГОСТ 8813); ви-пробування дроту на перегин (ГОСТ 1579); випробування дроту на скручування (ГОСТ 1545).

Контроль якості поверхні прокату проводять візуальним і інструментальним методами. Фактична якість поверхні порівню-ється з нормами, встановленими у відповідних стандартах на ви-ди прокату.

Контроль якості прокату і приймання готової продукції ведуть працівники відділу технічного контролю підприємства.

На кожен партію готової продукції складається спеціальний документ – сертифікат, у якому вказуються основні дані, необхідні споживачеві (номер ГОСТу, марка і хімічний склад сталі, розміри про-кату, результати механічних випробувань та ін. відомості).

Для здійснення своїх функцій ВТК взаємодіє з іншими під-розділами системи якості, зокрема з центральною лабораторією, відділами стандартизації та метрологічного забезпечення.

Центральна лабораторія забезпечує проведення усіх ви-дів випробувань за замовленнями ВТК. Структура центральної

лабораторії металургійних підприємств, зважаючи на існуючі види випробувань для металів, повинна мати у своєму складі такі підрозділи: механічна майстерня; лабораторія механічних випробувань; фізико-хімічну лабораторію та інші.

Механічна майстерня забезпечує виготовлення зразків для проведення всіх видів випробувань. Наприклад, при виготовленні трубної заготовки нормативною документацією передбачено контроль мікро та макроструктури, механічних властивостей та ударної в'язкості. Майже для кожного з цих випробувань від прокатаної заготовки відбирають проби — заготовки для виготовлення зразків. У окремих випадках з однієї проби може бути виготовлено кілька зразків для різних видів випробувань. Зокрема, для визначення механічних властивостей трубної заготовки в цеху від неї вирізають пробу довжиною 150—200 мм. У механічній майстерні з такої проби вирізають квадратний пруток з розмірами перетину приблизно 20×20 мм. Далі з цього прутка виточують циліндричний зразок з робочою ділянкою діаметром 6 мм та довжиною 70 мм, залишаючи по краях циліндричні ділянки (головки) діаметром 20 мм. Частина проби, що залишились використовують для контролю хімічного складу, для виготовлення зразків для контролю мікроструктури та для зразків для випробувань на ударну в'язкість. Зразки на кожен вид випробувань виготовляються у відповідності з вимогами нормативно-технічної документації (стандартами). Готові зразки передаються для проведення випробувань у відповідну лабораторію.

Визначення механічних властивостей металу виконує лабораторія механічних випробувань. Вона повинна бути оснащена відповідним обладнанням та мати персонал певної кваліфікації. Мінімальний склад випробувального обладнання повинен включати машини для проведення випробувань на розрив, на ударну в'язкість, на згинання. Наприклад, сучасні розривні машини ви-

готовляють переважно гідравлічного типу та оснащують обчислювальними комплексами. Це дозволяє не тільки візуалізувати діаграму розтягнення, але й автоматично визначати показники механічних властивостей металу, такі як границя міцності, границя текучості, відносне подовження та відносне звуження площі. Для визначення ударної в'язкості металу виготовляють спеціальні зразки з надрізом певної форми, а самі випробування виконують на копрі типу Шарпі.

Фізико-хімічна та металографічна лабораторії забезпечують визначення хімічного складу, а також макро- та мікроструктури прокату. Наприклад, для кожного з хімічних елементів, що входять до складу металу існує своя методика, визначена відповідним стандартом. Для контролю мікроструктури зразок, відібраний у визначеному стандартами місці прокату, шліфують, полірують, протравлюють у розчині кислоти, а далі за допомогою мікроскопу оцінюють величину зерна та інші показники мікроструктури.

Відділ стандартизації забезпечує актуалізацію нормативно-технічної документації, тобто забезпечує підрозділи підприємства інформацією про вимоги стандартів. Стандарти мають певний термін дії, постійно оновлюються, в них можуть вноситись зміни та доповнення. Всі ці зміни потрібно вчасно відслідковувати та доводити нову інформацію до виконавців. Крім того, з розвитком міжнародних зв'язків виникає потреба у ознайомленні та використанні міжнародних стандартів та національних стандартів інших країн. Тому, для виконання цієї роботи повинні бути призначені працівники з відповідною кваліфікацією.

Відділ метрології здійснює метрологічне забезпечення діяльності не тільки системи якості, а й інших підрозділів підприємства. Для забезпечення єдності вимірювань та необхідної точності усі прилади, що використовуються у виробничих процесах, повинні проходити періодичну повірку. Така повірка може здійс-

нюватись силами відділу метрології або сторонніх організацій, зокрема територіальних центрів стандартизації, метрології та сертифікації. Кожна така повірка по кожному приладу документально оформлюється з наведенням фактичного класу точності приладу та терміну його дії до наступної повірки. Крім періодичних повірок, відділ метрології визначає потребу у засобах вимірювання, рівень їх точності.

Відділ управління якістю створюється для забезпечення діяльності системи якості підприємства. Головними задачами цього відділу є: сертифікація системи якості підприємства; сертифікація продукції підприємства; аналіз інформації, отриманої у ході контролю виробничих процесів (статистичні методи); розробка заходів з поліпшення якості та процесів.

Відділ маркетингу забезпечує проведення маркетингових досліджень, тобто вивчає потреби споживачів, рівень їх задоволення продукцією підприємства, зміну вимог до продукції та прогнозує необхідні зміни у виробничих процесах для забезпечення задоволення вимог споживачів.

Отже, система управління якістю на будь-якому металургійному підприємстві це великий і складний комплекс підрозділів, з досить великим штатом персоналу.

7. СЕРТИФІКАЦІЯ ПРОКАТНОЇ ПРОДУКЦІЇ

7.1. Основні принципи і системи сертифікації

Сертифікація — відносно нове поняття, яке з'явилося в нашому повсякденному житті. Але воно таке ж древнє, як і саме виробництво. В перекладі з латинської слово сертифікація означає «зроблено вірно». Отже, у загальному розумінні сертифікація — це підтвердження якісних показників продукції, певна гарантія якості.

В умовах товарного дефіциту споживач мусить пристосуватись до тієї продукції, яку він може отримати від виробника. «Беріть те що є — іншого не буде». За ринкових відносин, при вільній конкуренції, у споживача з'являється можливість вибору товару (продукції, послуг). Правильний вибір товару, який би у повній мірі задовольняв вимоги споживача, можна зробити лише маючи достатньо інформації про той чи інший товар. Тому, сертифікація зводиться до надання інформації про показники товару (продукції, послуг).

Така інформація, про якість будь-якого виробу, потрібна не тільки споживачам. Її використовують контролюючі державні установи, страхові компанії та інші зацікавлені сторони. Для отримання інформації про показники продукції їх потрібно визначити (виміряти) та порівняти з певним еталоном. Найчастіше такими еталонами є вимоги стандартів. Звичайно таку інформацію має виробник і може надавати її споживачам. Але більш достовірною така інформація буде за умови, що її надає установа, яка незалежна ні від споживача, ні від виробника, тобто третя сторона.

Основним правовим документом системи сертифікації в Україні є закон «Про підтвердження відповідності» (№ 2406-14).

Згідно цього закону **підтвердження відповідності** — видача документу (декларація відповідності або сертифікат відповідності) на основі рішення, яке приймається після проведення відповідних (необхідних) процедур оцінки відповідності, що довели виконання встановлених вимог.

Відповідно до міжнародних норм та правил, законом «Про підтвердження відповідності» визначені правові та організаційні засади підтвердження відповідності для :

- продукції;
- систем якості;
- систем управління якістю;
- систем управління довкіллям;
- персоналу.

Впроваджена вказаним законом система підтвердження відповідності базується на таких основних принципах:

- координація дій органів виконавчої влади у сфері підтвердження відповідності, розмежування їхніх повноважень та уникнення дублювання;
- неупередженість, прозорість та доступність процедур підтвердження відповідності;
- застосування практики підтвердження відповідності залежно від потенційного ризику;
- забезпечення ідентичності процедур підтвердження відповідності продукції вітчизняного та іноземного походження;
- гармонізація національних та міжнародних нормативно-правових актів у цій сфері;
- сприяння розвитку систем підтвердження відповідності в законодавчо нерегульованій сфері;
- дотримання вимог щодо конфіденційності інформації, отриманої у результаті робіт з підтвердження відповідності;

- забезпечення повного та всебічного інформування з питань підтвердження відповідності всіх зацікавлених сторін.

Зокрема, законом «Про підтвердження відповідності» введено терміни “**підтвердження відповідності**” та “**декларування відповідності**”, які відповідають системам обов’язкової сертифікації — законодавчо регульована сфера, та добровільного підтвердження (законодавчо нерегульована сфера). Причому, у законодавчо нерегульованій сфері можлива як декларація відповідності так і підтвердження відповідності (звичайна сертифікація).

Розглянемо більш детально основні терміни впроваджені законом «Про підтвердження відповідності»:

декларування відповідності — це процедура, за допомогою якої виробник або уповноважена ним особа, під свою повну відповідальність документально засвідчує, що продукція відповідає встановленим законодавством вимогам;

декларація відповідності — документ, виданий першою стороною після проведення підтвердження відповідності;

сертифікація — підтвердження відповідності продукції, процесів, систем і персоналу третьою стороною;

сертифікат відповідності — документ, виданий третьою стороною в результаті підтвердження відповідності.

Отже, **декларація відповідності** — документ, яким підтверджується відповідність продукції вимогам певних стандартів, на підставі випробувань, здійснених власними силами, або з залученням третьої сторони. Сертифікат відповідності може бути виданий лише третьою стороною, тобто організацією уповноваженою здійснювати даний вид робіт. Тому сертифікація у законодавчо нерегульованій сфері є добровільною, і здійснюється виробником продукції для підтвердження достовірності інформації про властивості продукції.

Звичайно, декларування відповідності постачальником вимагає від підприємства (організації) значно менших витрат. Така форма підтвердження відповідності є більш адекватною потенційному ризику споживача, ніж сертифікація. Це дозволяє виробникам заощадити кошти на сертифікації.

Форма, зміст, та термін зберігання декларації про відповідність встановлюється технічним регламентом з підтвердження відповідності. Виробник зобов'язаний надати органам, що здійснюють нагляд у сфері підтвердження відповідності, декларацію про відповідність та документацію, що підтверджує декларовану відповідність.

Стандартом ДСТУ EN 45014-2001 «Загальні критерії щодо декларації постачальника про відповідність» передбачено, що декларація відповідності повинна містити таку обов'язкову інформацію:

- назву і адресу постачальника, що видав декларацію;
- дані для ідентифікації продукції, процесу або послуги (назва, тип або номер моделі, інша доречна допоміжна інформація);
- всі конкретні особливості постачання продукції, процесів або послуг даного виду;
- ствердження про відповідність;
- точні, вичерпні і чіткі посилання на нормативні документи, а також на можливі варіанти виконання;
- дата і місце видачі декларації ствердження про відповідність;
- підпис, прізвище і посада офіційної особи, що діє від імені постачальника.

Крім цього, декларація може містити додаткову інформацію про результати оцінювання, наприклад: посилання на протоколи випробувань акредитованою лабораторією; посилання на сертифіковані систему якості підприємства; назву та адресу залученої до оцінювання випробувальної лабораторії або закладу з сертифікації; дані про акредитацію лабораторії або органу з сертифікації.

На металургійних підприємствах декларації відповідності за традицією називають сертифікатами якості. Зокрема, у таких деклараціях наводиться номер плавки та фактичний хімічний склад сталі, значення показників механічних властивостей, отриманих за результатами випробувань зразків, відібраних від готової продукції.

Підтвердження відповідності у законодавчо регульованій сфері (обов'язкова сертифікація третьою стороною) здійснюється виключно органами з сертифікації, що уповноважені (акредитовані) на цю діяльність Міністерством економіки за узгодженими з Держспоживстандартом пропозиціями міністерств та відомств, на які покладені функції технічного регулювання у визначених сферах діяльності. Сертифікація стосується лише найбільш небезпечних виробів чи товарів, перелік яких визначається в законодавчому порядку. Таке підтвердження оформлюється у вигляді сертифікату на продукцію, систему якості або систему управління якістю. Такі сертифікати підлягають обов'язковій реєстрації. Крім цього, якщо підприємство отримало і зареєструвало сертифікат відповідності, йому може бути надано право використовувати знак відповідності.

7.2. Державна система сертифікації в Україні

В Україні заклади уповноважені на проведення робіт з оцінки відповідності (обов'язкової та добровільної) функціонують як складові державної системи сертифікації продукції (процесів, послуг) — УкрСЕПРО. Система створена у відповідності з міжнародними нормативними документами ISO/IEC, GATT/WTO та інших.

Загальна структура національної системи сертифікації УкрСЕПРО складається з:

- головного закладу;
- установ з сертифікації продукції;
- установ з сертифікації систем якості;
- науково-технічної комісії;
- науково-методичного і інформаційного центру;
- територіальних центрів стандартизації, метрології та сертифікації;
- окремих випробувальних лабораторій;
- навчально-наукового центру стандартизації, метрології і якості продукції;
- окремих експертів-аудиторів.

Головним закладом, який здійснює загальне керівництво системою, організовує і координує роботи з сертифікації, є Державний комітет України з питань технічного регулювання та споживчої політики (колишній Держстандарт), точніше Управління сертифікації Держспоживстандарту.

Заклади сертифікації, які представлені як третя сторона, можуть проводити наступні види (схеми, моделі) оцінки відповідності:

- 1) типове випробування;

2) типове випробування, після якого здійснюється нагляд шляхом періодичних випробувань зразків продукції, які відбираються у сфері торгівлі;

3) типове випробування, після якого здійснюється нагляд шляхом періодичних випробувань зразків продукції, які відбираються на підприємстві, яке виготовляє цю продукцію;

4) типове випробування, після якого здійснюється нагляд шляхом періодичних випробувань зразків продукції, які відбираються на підприємстві та у торгівлі;

5) типове випробування і оцінка системи управління якістю продукції на підприємстві, узгодженість такого управління, після якого здійснюється нагляд шляхом періодичних випробувань зразків продукції, які відбираються на підприємстві та у сфері торгівлі;

6) оцінка системи управління якістю продукції на підприємстві (передбачається лише її схвалення);

7) випробування партії продукції;

8) випробування кожного виробу.

Типове випробування передбачає проведення досліджень з метою визначення параметрів продукції. Ця система не передбачає вивчення інших параметрів продукції. Методика такого випробування регламентується стандартами або затвердженими у встановленому порядку методиками. Результати випробувань представляються у формі звіту. Такий звіт може бути основою для видачі сертифікату, або використовуватись замовником на свій розсуд. При цьому, будь які заяви, зроблені виробником продукції, що випробувалась, на підставі звіту про випробування або сертифікату, не стосуються закладу сертифікації — за них відповідає сам заявник. Типові випробування можуть здійснюватись на обладнанні виробника продукції або закладу сертифікації.

Для проведення випробувань у закладі сертифікації виробник надає у акредитовану випробувальну лабораторію територіального центру сертифікації зразки (проби) продукції та технічну документацію на неї. У випадках сертифікації одиночного виробу або партії виробів, дія сертифікату розповсюджується лише на них. Термін дії сертифікату відповідності на продукцію, визначається з урахуванням нормативних документів на продукцію, терміну сертифікації системи якості підприємства, але не більше ніж на три роки.

Найбільш поширеною є п'ятий вид оцінки відповідності. Основними елементами цього виду оцінки відповідності є:

- наявність відповідного стандарту або технічних умов на продукцію;
- програма нагляду і контролю — настанова з якості;
- заявка на сертифікацію (у відповідності з затвердженим порядком);
- попередня перевірка підприємства з метою вивчення його здатності забезпечити виготовлення продукції у відповідності з вимогами наявного стандарту або ТУ;
- типові випробування продукції по окремим її показникам, визначеним у стандарті або ТУ;
- схвалення системи управління якістю продукції на підприємстві;
- надання права на виготовлення продукції;
- узгодження процедури наступних інспекторських перевірок системи управління якістю на підприємстві;
- періодичні вибірки продукції з повторними типовими випробуваннями.

У загальному вигляді наведені елементи утворюють послідовність проведення оцінки відповідності в системі УкрСЕПРО, схема якої зображена на рис. 7.1.

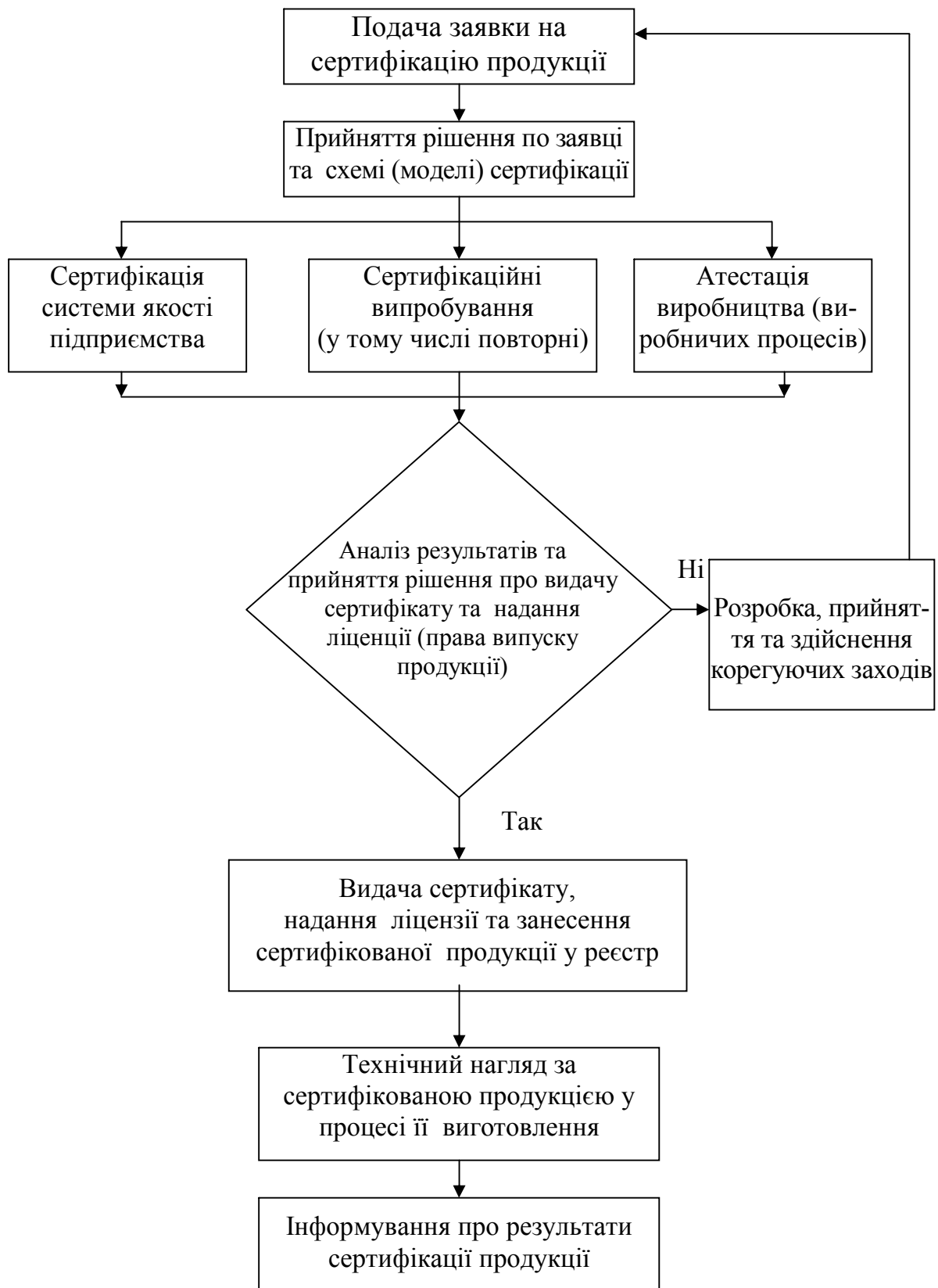


Рис. 7.1. Порядок проведення сертифікації продукції в системі УкрСЕПРО

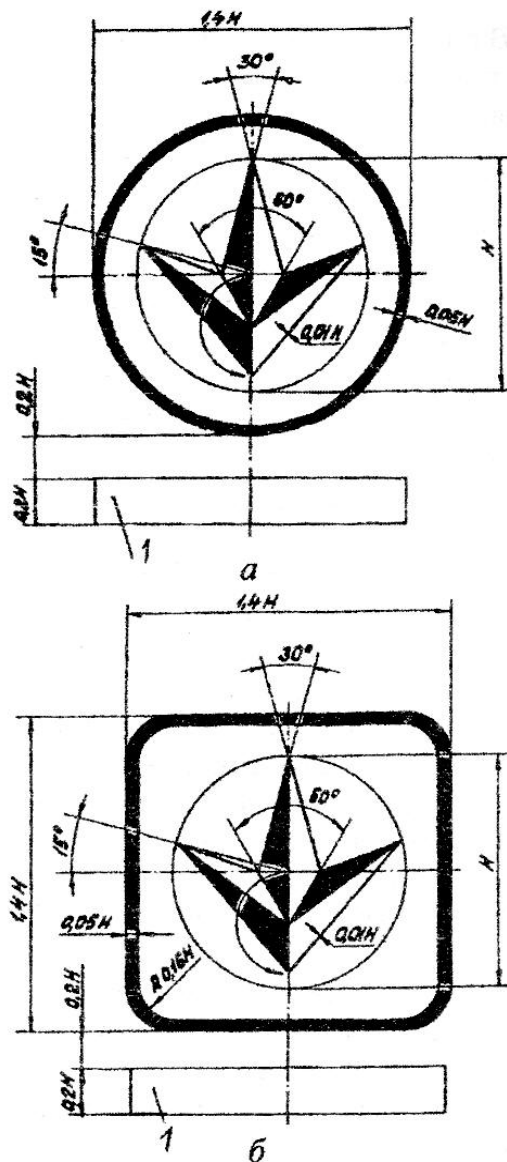


Рис. 7.2. Національний знак відповідності для продукції

Якщо уповноважений (акредитований) територіальний центр сертифікації схвалює систему якості підприємства, йому може бути надано право використовувати знак відповідності.

Національний знак відповідності впроваджено Законом про підтвердження відповідності. Наявність національного знаку відповідності на продукції є гарантією для споживача, що продукція, яку він придбав, пройшла всі процедури підтвердження відповідності, встановлені законодавством. Передбачено (ДСТУ 2296-93) два варіанти знаку відповідності: для продукції, що від-

повідляє обов'язковим вимогам нормативних документів (рис. 7.2, а); та для продукції, що відповідає всім вимогам до даної продукції (рис. 7.2, б).

Знак наносять на основну (невід'ємну) частину виробу або упакування, експлуатаційну та товаросупроводжувальну документацію, рекламні матеріали. Враховуючи спеціалізацію територіальних центрів сертифікації, на знаках відповідності вказують номер центру, який здійснював оцінку відповідності.

Більшість металургійних підприємств, маючи власні лабораторії для визначення властивостей продукції, всю необхідну інфраструктуру та можливість обмежуватись лише декларацією відповідності, проводять сертифікацію систем управління якістю. Крім цього, для розширення ринків збуту продукції підприємства організовують сертифікацію своїх систем управління якістю визнаними міжнародними організаціями.

7.3. Міжнародна сертифікація

Необхідною умовою виходу на міжнародні ринки збуту металургійної продукції є її сертифікація. До укладення угоди про взаємне визнання результатів сертифікації на двосторонній або багатосторонній основі, споживачі металопродукції у більшості випадків не визнають результати сертифікації в системі УкрСЕПРО. Тому експортери металопродукції вимушені звертатись до відомих організацій та фірм у галузі сертифікації.

Найбільш відомими міжнародними організаціями є: ІОС; EQNET; IQNET; IAF та інші.

ІОС — міжнародна незалежна організація з сертифікації об'єднує вісім великих міжнародних фірм з сертифікації продукції та систем якості: “Det Norske Veritas”, “Lloyd's

Register”, “Germanischer Lloyd”, “Bureau Veritas”, “TUV-CERT”, “ABS Quality Evaluations, Inc.”, “British Standards Institution” (BSI), “Societe Generale de Surveillance” (SGS). В галузі металургії найбільш відома фірма “TUV-CERT”, яка, крім металургійної продукції, спеціалізується на машинобудівній, енергетичній, хімічній, електротехнічній, електронній, приладобудівній продукції, а також продукції споріднених галузей. Основною метою організації ІІОС є виключення повторних сертифікацій систем якості та поширення стандартів ISO серій 9000 та 14000.

EQNET — європейська мережа з оцінювання та сертифікації систем якості об’єднує 21 країну. Діяльність організації спрямована на сприяння взаємному визнанню сертифікатів відповідності систем якості міжнародним стандартам ISO серії 9000, які видаються національними закладами. Ця організація рекомендує використання сертифікатів єдиної форми, які визнаються на території всіх країн-учасників без додаткової перевірки. Основним нормативним документом для аудиторів EQNET слугує стандарт ISO 10011 «Керівні вказівки з перевірки систем якості. Перевірка, кваліфікаційні критерії для експертів-аудиторів з перевірки систем якості» та європейський стандарт EN 45012: 1998 «Загальні критерії оцінки органів з сертифікації систем якості».

IQNET — міжнародна мережа з оцінки та сертифікації систем якості, аналог EQNET, але об’єднує понад провідних 40 країн світу.

IAF — міжнародний форум з акредитації об’єднує національні заклади акредитації 29 країн.

Ідея створення та розповсюдження єдиного сертифікату, що видається на підставі результатів аудиторської перевірки за єдиними правилами, концептуально сформульована ISO ще у 1994 році. Для цього у структурі ISO створено спеціальний підрозділ для сертифікації систем якості — **QSAR**. Система QSAR є

дворівневою, тобто її членами можуть бути як органи з акредитації, так і органи з сертифікації систем якості. Основною умовою прийняття до складу QSAR та IAF є відповідність заявника вимогам положень Керівництва 61 ISO/IEC «Загальні вимоги до оцінки та акредитації органів сертифікації (реєстрації)» та Керівництва 62 ISO/IEC «Загальні вимоги до органів, що виконують оцінку та сертифікацію (реєстрацію) систем якості», які прийняті 1995 року. Фірми, системи якості яких сертифіковані закладами-членами QSAR, мають право на використання знаку QSAR.

Отже, міжнародна сертифікація є досить розвиненою та складною. До вимог міжнародних організацій з сертифікації додаються особливості систем сертифікації у окремих країнах. Наприклад в Німеччині, існує кілька систем сертифікації, кожна з яких використовує свої знаки відповідності такі як DIN Geprüft, VDE, DVGW, RAL, GS та інші. В Сполучених Штатах використовують програми сертифікації трьох основних категорій, які ґрунтуються на стандартах різних організацій (ASTM, NEMA, NIST та ін.), але сертифікацію продукції здійснюють переважно лабораторії страхових компаній (знак відповідності UL).

Поки що металургійні підприємства фактично самотужки, за власні кошти, проводять сертифікацію продукції. Тому одним з основних напрямків розвитку системи сертифікації в Україні є забезпечення взаємного визнання результатів сертифікації провідними зовнішньоекономічними партнерами.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Минав А.А., Смирнов А.Н., Лейрих И.В. *Металлопродукция: сертификация, маркировка, упаковка. Учебное пособие.* – Донецк: Норд-пресс, 2006. – 291 с.
2. Головчинский В.В. *Статистические методы регулирования и контроля качества. Расчет оптимальных вариантов* – М.: Машиностроение, 1974. – 264 с.
3. W. Shewhart *Economic control of quality of manufactured products.* – Princeton N.Y.D Van Nostrand, 1931. – 501 p.
4. Чекмарев А.П., Побегайло Г.Г. *Точная прокатка сортовых профилей.* – М.: Металлургия, 1968. – 236 с.
5. *Управление качеством тонколистового проката /* В.Л. Мазур, А.М. Сафьян, И.Ю. Приходько, А.И. Яценко.– К.: Техніка, 1997.– 384 с.
6. *Средства контроля и управления точностью сортового проката /* В.М. Клименко, В.М. Кашаев, А.А. Минаев и др. – К.: Техніка, 1983. – 174 с.
7. Ершов Г.С., Поздняк Л.А. *Структурообразование и формирование свойств сталей и сплавов.* – К.: Наукова думка, 1993. – 376 с.
8. *Диаграммы горячей деформации, структура и свойства сталей /* М.А. Бернштейн, С.В. Добаткин, Л.М. Капуткина, С.Д.Прокошкин. – М.: Металлургия, 1989. – 533 с.
9. *Качество листа и режимы непрерывной прокатки /* П.И. Полухин, Д.Н. Заугольников, М.А. Тылкин и др. – Алма-Ата.: Наука, 1974. – 399 с.
10. *Качество поверхности металла /* А.М. Строганов, Г.А. Хасин, А.Н. Черненко, А.С. Дробышевский. – М.: Металлургия, 1985. – 128 с.
11. Мазур В.Л., Добронравов А.И., Чернов П.П. *Предупреждение дефектов листового проката.* – К.: Техніка, 1986. – 137 с.
12. Мазур В.Л. *Производство листа с высококачественной поверхностью.* - К.: Техніка, 1982. – 166 с.
13. Миронюк Г. *Державна політика у сфері якості. // Стандартизація, сертифікація, якість.* – 2001, № 4 – С. 32–33.
14. Гавриленко С., Камінський В., Косенюк А. *Основні засади системи підтвердження відповідності в Україні. // Стандартизація, сертифікація, якість.* – 2001, № 4, С. 23–27).

Навчальний посібник

Левченко Геннадій Васильович
Самохвал Володимир Михайлович

ТЕХНОЛОГІЯ ЯКОСТІ І СЕРТИФІКАЦІЯ

Підписано до друку 02.02.2009 р.

Формат 60×84 1/16, ум. друк. арк. 6,8 .

Тираж 300 прим. Замовлення № 76/09

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до
державного реєстру видавців: Серія ДК №1944

Друкарня
51918, Дніпродзержинськ,
ДДТУ, вул. Дніпробудівська, 2