

мации в разных ракурсах, особенно в случаях, когда собственные числа матрицы связей изменяются практически монотонно.

- Для наиболее полного анализа информации, сосредоточенной в матрице Берта, наряду с многомерным анализом соответствий следует выполнять анализ двухвходовых таблиц сопряженности, а также простейших дихотомических

таблиц, особенно при уточнении направления связи при изучении порядковых переменных.

- Многомерный анализ соответствий может служить полезным инструментом для классификации номинальных и порядковых категорий наблюдаемых признаков.

Библиографический список

1. Аптон Г. Анализ таблиц сопряженности / Пер. с англ. и предисл. Ю.П. Адлера. М.: Финансы и статистика, 1982. 143 с.
2. Анализ сопряженности технологических нарушений и состояний аварийности на машинах непрерывной разливки стали / Л.Д. Девятченко, Л.Ш. Тимиргалеева // Вестник МГТУ им. Г.И. Носова. 2006. № 3. С. 15–23.
3. Большев Л.Н., Смирнов Н.В. Таблицы математической статистики. М.: Наука, 1983. 416 с.
4. Боровиков В. STATISTICA. Искусство анализа данных на компьютере: Для профессионалов. 2-е изд. (+CD). СПб.: Питер, 2003. 268 с.
5. Воеводин В.В., Кузнецов Ю.А. Матрицы и вычисления. М.: Наука, 1984. 320 с.
6. Девятченко Л.Д. Признаки классификации. Введение в дискриминантный анализ: Учеб. пособие. Магнитогорск: МГТУ, 2001. 127 с.
7. Енюков И.С. Методы, алгоритмы, программы многомерного статистического анализа: Пакет ППСА. М.: Финансы и статистика, 1986. 232 с.
8. Кендалл М., Стьюарт А. Статистические выводы и связи. М.: Наука, 1976. 736 с.
9. Прикладная статистика. Классификация и снижение размерности / Айвазян С.А., Бухштабер В.М., Енюков И.С., Мещалкин Л.Д. М.: Финансы и статистика, 1989. 606 с.

УДК 658.562:621.771

Румянцев М.И., Шубин И.Г., Завалишин А.Н., Корнилов В.Л., Буданов А.П., Цепкин А.С., Пантелеева Н.А.

ОЦЕНИВАНИЕ КАЧЕСТВА ТОНКИХ ГОРЯЧЕКАТАНЫХ ПОЛОС ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВОЗМОЖНОСТИ ЗАМЕЩЕНИЯ ХОЛОДНОКАТАНОЙ ЛИСТОВОЙ СТАЛИ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ*

В настоящее время в мировой практике стала реальностью и продолжает усиливаться тенденция к производству тонких горячекатаных полос, часть из которых является самостоятельной товарной продукцией, а часть используется для замещения холоднокатаного металла. В типичном сортаменте холоднокатаной конструкционной стали более 30% составляют полосы толщиной 1,2–2,5 мм и выше (рис. 1, б). При этом в сортаменте широкополосных станов горячей прокатки (ШСП) доля полос толщиной 1,2–3,0 мм составляет около 58% (рис. 1, а). В качестве предпосылок указанной тенденции можно отметить повышение оперативности выполнения заказов и снижение издержек производства [1–3].

По нашему мнению [4], наиболее перспективным является применение тонких горячекатаных полос для замещения холоднокатаного листового

проката общего назначения. Анализ портфеля заказов ЛПЦ-5 ОАО «ММК» показал, что около 20% составляют холоднокатаные полосы толщиной 1,2–3,0 мм, поставляемые по ГОСТ 16523 с качеством отделки поверхности групп 2 и 3. При этом доля полос толщиной 1,5–1,8 мм составляет около 35% от этого количества (или около 7% от годового объема производства цеха), а полос толщиной 2,0–3,0 мм – примерно 50% (около 9% от годового производства) (рис. 2, а). До 80% металла в рассматриваемой сортаментной группе поставляется со свойствами категории вытяжки Г и около 16% – со свойствами категории вытяжки Н (рис. 2, б).

Для повышения объективности и достоверности оценок соответствия качества горячекатаных полос требованиям к холоднокатаному прокату разработали дифференциальные оценки единичных показателей качества, унифицированные с широко используемыми в системах менеджмента качества индексами и процесса [5]:

* В работе принимали участие студентки Оплачко Т.В., Питренина М.А.

в случае регламентации качества только наибольшим допустимым значением (верхняя оценка соответствия)

$$q_{PU} = \frac{\Delta_{USL}}{3s}; \quad (1)$$

в случае регламентации качества только наименьшим допустимым значением (нижняя оценка соответствия)

$$q_{PL} = \frac{\Delta_{LSL}}{3s}; \quad (2)$$

в случае регламентации качества наибольшим и наименьшим допустимыми значениями (оценка соответствия с учетом положения среднего)

$$q_{PK} = \min(q_{PU}; q_{PL}). \quad (3)$$

В выражениях (1)–(3) $\Delta_{USL} = USL - \bar{x}$ и $\Delta_{LSL} = \bar{x} - LSL$ представляют собой допустимые интервалы варьирования показателя качества, а $3s$ – доля его фактической изменчивости, приходящаяся на допустимый интервал. В качестве точечной характеристики фактической изменчивости и соответствующего ей центра рассеяния принимаем стандартное отклонение

$$s = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (4)$$

и выборочное среднее

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i. \quad (5)$$

В табл. 1 приведены оценки соответствия ме-

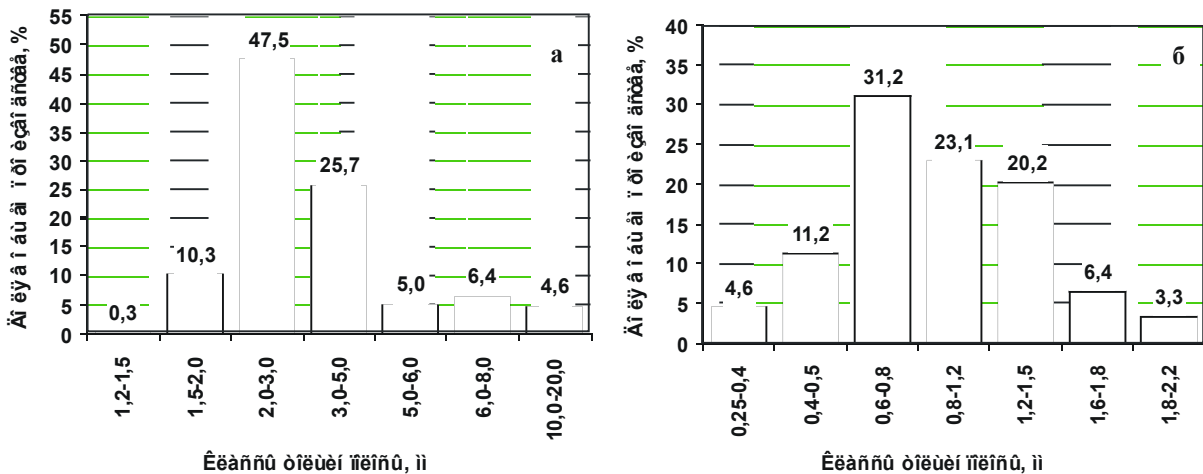


Рис. 1. Типичные распределения толщины в сортаменте ШСГП (а) и непрерывного стана холодной прокатки (б) [2]

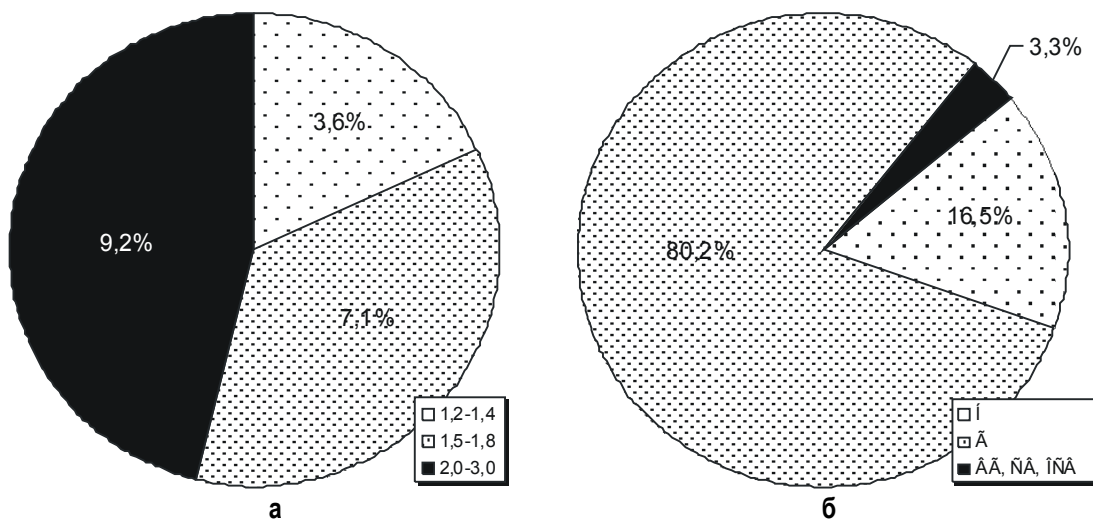


Рис. 2. Примерная структура портфеля заказов на холоднокатаную сталь общего назначения толщиной 1,2-3,0 мм: а – распределение по толщине; б – распределение по категориям вытяжки

ханических свойств некоторых горячекатаных полос текущего производства ШСГП 2000 ОАО «ММК» требованиям ГОСТ 16523 к холоднокатаной листовой стали рассматриваемой сортаментной группы.

При сравнении фактической изменчивости свойств горячекатаных полос с требованиями, ус-

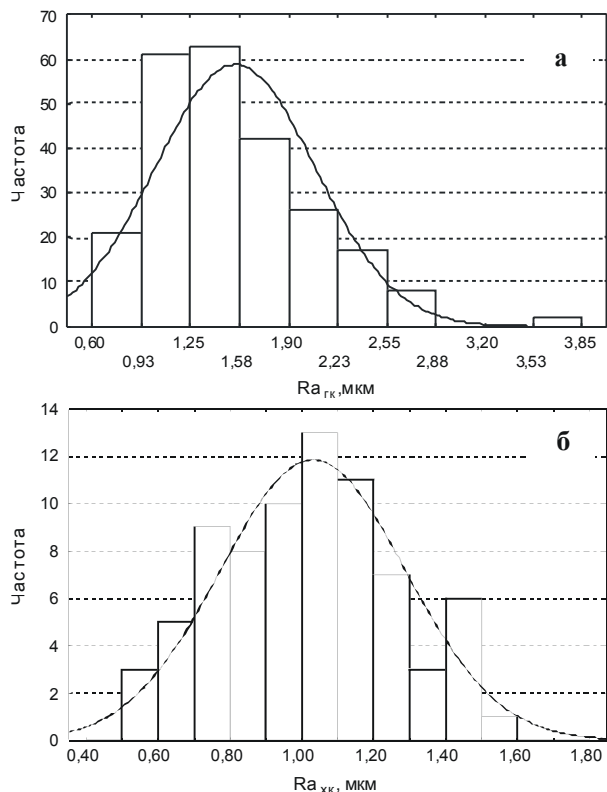


Рис. 3. Вариация шероховатости горячекатаных (а) и холоднокатаных (б) полос, поставляемых по ГОСТ 16523

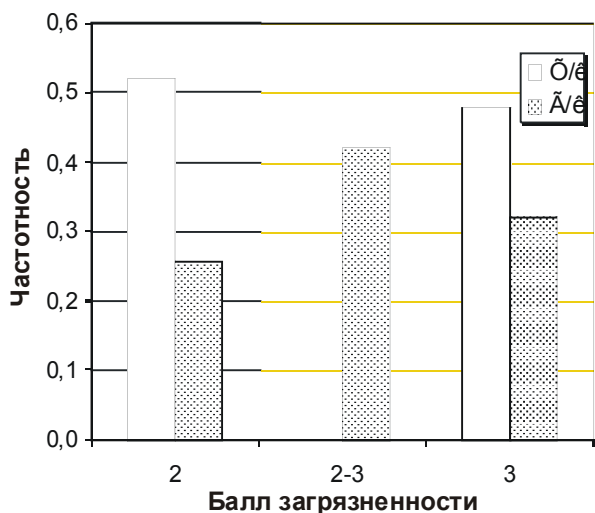


Рис. 4. Сравнение загрязненности поверхности тонких горячекатаных травленных полос и холоднокатаного проката общего назначения

тановленными для группы прочности ОК300В, видно, что центр вариации временного сопротивления практически совпадает со серединой нормативного интервала варьирования, а разброс существенно меньше, чем величина нормативного интервала. Поэтому наблюдаются отличные дифференциальные оценки механических свойств, что свидетельствует о возможности применения металла данных партий для поставок взамен холоднокатаного.

Важной характеристикой холоднокатаной листовой стали является качество поверхности. Для оценки горячекатаных полос текущего производства с данной точки зрения изучили их шероховатость и загрязненность после травления.

Сравнение шероховатости показало, что для холоднокатаного металла, поставляемого по ГОСТ 16523, параметр Ra колеблется от 0,5 до 1,6 мкм (рис. 3, б). Для горячекатаных полос (рис. 3, а) характерна вариация Ra в пределах 0,6–2,9 мкм, причем почти 75% имеют шероховатость 0,6–1,9 мкм (180 случаев из 240). В целом, можно сказать, что шероховатость горячекатаного металла текущего производства несколько больше шероховатости холоднокатаного. Однако, поскольку для холоднокатаного проката общего назначения, который подвергается нормальной и глубокой вытяжке и поставляется с поверхностью группы отделки 2 или 3, шероховатость поверхности не нормируется, отмеченные различия не являются критическими.

Таблица 1

Дифференциальные оценки соответствия качества горячекатаных полос нормам ГОСТ 16523 для холоднокатаного проката категории ОК300В

| Показатель качества | Вариация | | | | Дифференциальная оценка | | |
|--------------------------|-------------|-------------|-----------|-------|-------------------------|----------|------|
| | нормативная | фактическая | \bar{x} | s | q_{PL} | q_{PU} | q |
| 1,5 мм из стали SAE 1008 | | | | | | | |
| σ_b , МПа | 300 | 480 | 383,6 | 11,58 | 2,41 | 2,77 | 2,41 |
| δ , % | 24 | – | 38,24 | 1,027 | 4,62 | – | 4,62 |
| 1,8 мм из стали SAE 1008 | | | | | | | |
| σ_b , МПа | 300 | 480 | 382,4 | 13,45 | 2,04 | 2,41 | 2,04 |
| δ , % | 24 | – | 36,28 | 1,21 | 3,39 | – | 3,39 |
| 2,0 мм из стали SAE 1008 | | | | | | | |
| σ_b , МПа | 300 | 480 | 383,8 | 9,86 | 2,83 | 3,25 | 2,83 |
| δ , % | 24 | – | 37,55 | 1,97 | 2,29 | – | 2,29 |
| 2,0 мм из стали 08пс | | | | | | | |
| σ_b , МПа | 300 | 480 | 383,8 | 9,86 | 2,83 | 3,25 | 2,83 |
| δ , % | 25 | – | 34,38 | 1,31 | 2,39 | – | 2,39 |

* и ** – минимальное и максимальные допустимые значения показателя качества в соответствии с нормативным документом (нижняя и верхняя границы допуска).

При необходимости получения горячекатаного травленного проката с нормированной шероховатостью полосы могут быть дополнительно подвергнуты дрессировке.

Для оценки загрязненности горячекатаного травленного металла применили метод реплик [6]. В ГОСТ 16523 данный метод не предусмотрен, но на практике применяется в соответствии с особыми условиями поставки или техническими требованиями потребителей. Например, ОАО «КАМАЗ» заказывает холоднокатаный металл с загрязненностью поверхности не более двух баллов. Некоторые потребители из КНР оговаривают загрязненность не более трех баллов.

Установили, что загрязненность поверхности тонких горячекатаных полос, травленных в растворе соляной кислоты, не превышает 3 баллов (рис. 4). Аналогичные показатели характерны для холоднокатаного металла общего назначения, поставляемого без особых требований к качеству поверхности. Таким образом, травленные горячекатаные полосы текущего производства могут быть применены для замещения холоднокатаных общего назначения и с учетом реальной загрязненности поверхности.

Представленные результаты показывают, что в текущем производстве ОАО «ММК» находятся горячекатаные полосы толщиной 1,5–2,0 мм, которые уже сейчас могут быть использованы для отгрузки взамен холоднокатаного листового проката общего назначения, поставляемого по ГОСТ 16523. В случае необходимости дальнейшего улучшения качества горячекатаных полос в соответствии с требованиями отдельных потребителей такого металла могут быть реализованы различные технологические схемы (рис. 5). При этом использование непрерывного травильного агрегата № 1 считаем предпочтительным, так как имеющийся в его составе изгибно-растяжной окалиноломатель позволяет заметно улучшать плоскостность исходных горячекатаных полос.

Отдельного внимания заслуживает вопрос о цене горячекатаного проката, поставляемого взамен холоднокатаного. При его рассмотрении может оказаться интересным подход на основе метода балльной оценки [7], при реализации которого балл качества продукции определяется как отношение комплексных оценок горячекатаного $Q_{гк}$ и холоднокатаного $Q_{хк}$ проката. В таком случае

$$C_{гк} = C_{хк} \frac{Q_{гк}}{Q_{хк}}, \quad (6)$$

Библиографический список

1. Бобих П., Борси Р., Ротти М. Тенденции развития технологии и оборудования для производства высококачественной полосовой стали // Труды III конгресса прокатчиков. М.: Черметинформация, 1999. С. 55–58.

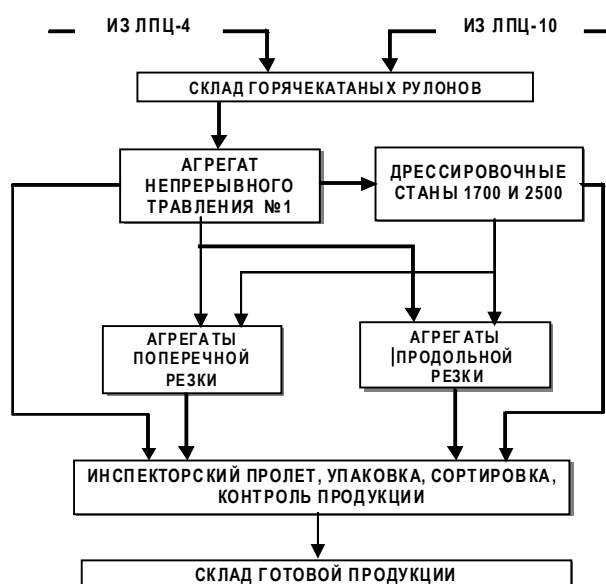


Рис. 5. Возможные схемы производства тонких горячекатаных полос для замещения холоднокатаных общего назначения

Таблица 2

Комплексные оценки и балл качества тонких горячекатаных полос и холоднокатаного проката общего назначения

| Полоса | $Q_{гк}$ | $Q_{хк}$ | $Q_{гк} / Q_{хк}$ |
|-----------------|----------|----------|-------------------|
| 08пс 2,0 мм | 1,41 | 1,67 | 0,84 |
| SAE 1008 1,5 мм | 2,61 | 2,83 | 0,92 |
| SAE 1008 1,8 мм | 2,04 | 2,43 | 0,84 |
| SAE 1008 2,0 мм | 2,06 | 2,23 | 0,92 |

где $C_{гк}$ и $C_{хк}$ – цена горячекатаного и холоднокатаного проката соответственно.

В табл. 2 приведены комплексные оценки и балл качества для горячекатаных полос, дифференциальные оценки качества которых приведены в табл. 1.

Комплексные оценки определяли как средние арифметические, а показатели весомости – методом рангов с применением экспертного опроса.

Как видно из табл. 2, балл качества горячекатаных полос составляет 0,8–0,9. Таким образом, цена горячекатаного проката при поставках взамен холоднокатаного общего назначения может быть установлена лишь на 20% ниже цены продукции данной сортаментной группы.

2. Новейшая технология производства горячекатаной полосы / В. Бальд, Г. Кнеппе, Д. Розенталь и др. // МРТ. 2000. С. 26–41.
3. Ганжин В., Киселёв Ю. Технология XXI века. Перспективы России // Национальная металлургия. 2003. № 1. С. 77–85.
4. Получение горячекатаной полосы со свойствами холоднокатаной / А.Н. Завалишин, М.И. Румянцев, М.В. Дегтярев и др. // Материалы 64-й науч.-техн. конференции по итогам научно-исследовательских работ за 2004–2005 гг.: Сб. докл. Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2006. Т. 1. С. 75–79.
5. Румянцев М.И., Цепкин А.С., Оплачко Т.В. Унифицированный подход к расчету дифференциальных оценок при качественном оценивании качества проката // Вестник МГТУ. 2007. № 3. С. 61–64.
6. Горбунов А.В. Метод оперативного контроля загрязненности поверхности // Моделирование и развитие процессов обработки металлов давлением: Сб. науч. тр. аспирантов и соискателей. Магнитогорск: МГТУ, 2000. С. 62–68.
7. Любушин Н.П. Анализ финансово-экономической деятельности предприятия. М.: Юнити, 2004. 471 с.

УДК 621.771.074: 621.771.25.002.237

Тулупов О.Н., Ручинская Н.А., Моллер А.Б., Лимарев А.С., Луценко А.Н.

УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ СОРТОВОГО ПРОКАТА ПУТЕМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАЦИОНАЛЬНЫХ ПРЕДУПРЕЖДАЮЩИХ ДЕЙСТВИЙ ПРИ НАСТРОЙКЕ СТАНОВ

При переходе к технологическим процессам нового поколения (в частности, к новым процессам производства сортового проката) существует проблема эффективного использования текущих данных для формирования структурированной информации, позволяющей принимать рациональные решения в области управления качеством технологических процессов и качества продукции.

Современные подходы к СМК определяют возможность и необходимость принятия обоснованных решений в области качества на базе достоверной информации – согласно одному из принципов менеджмента качества по ИСО 9000:2000 «Принятие решений, основанное на фактах» [1]. Этот принцип может реализоваться [2], если предприятие на постоянной основе будет осуществлять следующие виды деятельности:

- вести измерение и сбор данных и информации по всем основным процессам;
- обеспечивать точность, надежность и доступность данных и информации;
- уметь анализировать данные и информацию с помощью эффективных методов.

Современные подходы к управлению качеством предполагают всестороннее использование значимой информации для проведения предупреждающих действий. Поэтому необходимо выработать модели и алгоритмы, позволяющие на основании анализа текущих данных корректировать технологические и производственные процессы еще до того момента, когда может возникнуть ухудшение каких-либо показателей качества продукции. Так, в частности, п. 8.5.3 «Предупреждающие действия»: Организация должна предпринимать предупреждающие действия, направленные на устранение причин потенциальных несоот-

ветствий для того, чтобы избежать появления несоответствий. Предпринимаемые предупреждающие действия должны соответствовать степени воздействия потенциальных проблем [3].

В связи с техническим и технологическим перевооружением производства сортового проката на многих предприятиях России, а также строительством новых современных мини-заводов, данная проблема с точки зрения управления качеством сортового проката является особенно актуальной. Для ее решения авторы статьи использовали структурно-матричный подход [4], позволяющий систематизировать данные, информацию и порядок действий при создании баз данных, а также разработать структурно-матричные модели определенных объектов сортопрокатного производства (технологических схем сортовых станов) и на их основе разработать соответствующие функциональные элементы системы управления качеством, основанные на применении корректирующих и предупреждающих действий в технологическом процессе.

Важным достоинством структурно-матричного подхода является достаточно широкий опыт его применения для моделирования технологических схем производства сортового проката и решения технологических задач, как, например, задач настройки клетей сортового стана при изменении параметров заготовки, износе калибров, переточках валков, изменениях температуры и марочного сортамента сталей [4]. Это позволяет более эффективно использовать его, применяя процессный подход, то есть разработать эффективную модель технологического процесса для работы в условиях современной СМК, позволяющую, в свою очередь, создать эффективную систему предупреждающих воздействий для