



*There is examined the problem of quality by the example of the special iron of RUP "BMZ" mill 850. There is introduced the concept of the complex quality index and its subdivision by levels. There is made the generalization of all deficiencies, occurred on the circular rolled section.*

А. Б. СТЕБЛОВ, РУП «БМЗ»,  
Д. В. ГРИЦАЕНКО, Д. В. ЛЕНАРТОВИЧ, БНТУ

УДК 669.1.015:658.562

## КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА СОРТОВОГО ПРОКАТА

С момента начала освоения и производства любого вида изделия одной из главных задач предприятия является качество. Рассматривая качество как совокупность свойств продукции, нельзя забывать о том, что забракование всей партии продукции или ее части, перевод в другой сорт, исправление дефектов после первичного осмотра – все это значительные затраты. Это справедливо и при производстве сортового проката.

Рассмотрим проблему качества на примере сортового проката стана 850 РУП «БМЗ». Добившись минимального уровня брака в СНГ (0,9%) по сталеплавильному и прокатному переделам при производстве сортового проката диаметром 80–150 мм и катаного квадрата сечением 125x125 мм, тем не менее, завод ежегодно несет потери в сумме, сопоставимой с месячным фондом заработной платы участников этого производства. Незначительный брак в процентах от общего объема проката оборачивается потерями тысяч тонн металла высокой стоимости. Разумеется, нет необходимости добиваться полного отсутствия брака, так как работа в этом направлении также имеет немалую стоимость.

Введем понятие комплексного показателя качества  $K_0$  (нулевой уровень). Этот показатель качества подразделяется на  $K_i$  показатели 1-го уровня. К ним относятся показатели формы изделия, качества поверхности, макроструктуры, микроструктуры, механических свойств. На 2-м и последующем уровнях эти показатели подразделяются на единичные показатели качества  $K_{i,j}$ , например, овальность поперечного сечения, глубина залегания дефекта на поверхности, балл зерна, твердость и т. д. По каждому из этих показателей продукция может быть забракована, т. е. каждый из них вносит свою долю в общий вклад работы по качеству, соответственно и свои затраты. Учитывая различную размерность каждого из показателей, авторы [1] предлагают качественный подход для комплексной оценки качества продукции, приводя к дифференциальной оценке через вероятность  $p_{i,j}$ , который характеризует попадание  $K_{i,j}$  показателя в заданный интервал. В результате вычисляется комплексный

показатель  $K_0$  (вероятность) забракования партии проката:

$$K_0 = \prod_{i=1}^m \prod_{j=1}^n ((1-p_{i,j}) W_{i,j}), \quad (1)$$

где  $\prod$  – операция конъюнкции (логического произведения);  $p_{i,j} = F(K_{i,j}^s) - F(K_{i,j}^n)$  – вероятность попадания  $K_{i,j}$  в заданный интервал, ограниченный с двух сторон:  $K_{i,j}^s$  – сверху и  $K_{i,j}^n$  – снизу;  $m$  – число уровней подчиненности по иерархии ( $0 < i < m$ );  $n$  – число показателей качества ( $1 < j < n$ );  $W_{i,j}$  – коэффициент «вето» [2].

Комплексный показатель предусматривает случаи, когда низкая дифференциальная оценка будет перекрыта высокой оценкой по другому показателю, т. е. комплексная оценка  $K_0$  будет неоправданно высокой. Чтобы этого не происходило, вводится условие обращения в нуль комплексной оценки при определенных условиях:

$$W_{i,j} = \begin{cases} 1, & \text{если } R_{i,j}^n < [R]_{i,j}^n \text{ и } R_{i,j}^s < [R]_{i,j}^s, \\ 0, & \text{если } R_{i,j}^n > [R]_{i,j}^n \text{ и } R_{i,j}^s > [R]_{i,j}^s, \end{cases} \quad (2)$$

где  $[R]$  – предельно допустимое значение;  $R$  – количество металла со значением данного показателя за пределами требований стандарта.

Используем вероятностный подход в оценке уровня качества сортового проката стана 850 РУП «БМЗ» за 2002 г. Приняв за единицу общий объем брака по данным ОТК, определим долю (вероятность) появления брака по причинам сталеплавильного и прокатного происхождения. Анализ данных ОТК показывает, что на брак по металлургическим показателям приходится 92,7% (доля -0,927), т. е. основная работа по снижению брака в готовом сорте должна быть сосредоточена в сталеплавильном цехе.

На следующем этапе анализа рассмотрим распределение дефектов по видам. На рис. 1 показаны все возможные виды дефектов, встречающиеся на сортовом круглом прокате. Примем все дефекты сталеплавильного передела за единицу. На рис. 2 представлено распределение видов дефектов сталеплавильного происхождения. Аналогичное рас-

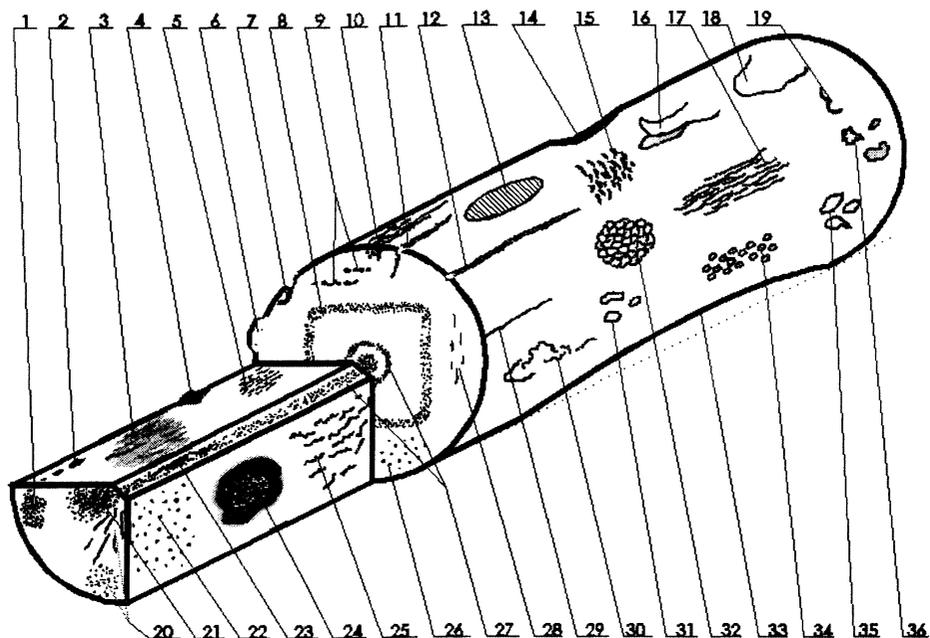


Рис. 1. Схема дефектов сортового проката стана 850: 1 – точечная неоднородность; 2 – неметаллические включения; 3 – структурная полосчатость; 4 – инородное неметаллическое включение; 5 – карбидная ликвация; 6 – ус; 7 – закат; 8 – ликвационный квадрат; 9 – оксиды; 10 – раскатанный пузырь; 11 – трещина; 12 – риска; 13 – плоский участок; 14 – вмятина; 15 – рванины; 16 – слиточная пленка; 17 – морщины; 18 – раскатанная корочка; 19 – надрыв; 20 – флокены; 21 – микропористость; 22 – пятнистая ликвация; 23 – центральная (осевая) пористость; 24 – карбидная сетка; 25 – микротрещины; 26 – точечная неоднородность; 27 – химическая неоднородность (ликвация); 28 – сульфиды; 29 – царапина; 30 – прокатная пленка; 31 – раковины от окалины; 32 – чешуйчатость; 33 – кривизна прутка; 34 – отпечатки; 35 – вкатанная окалина; 36 – поверхностная окалина

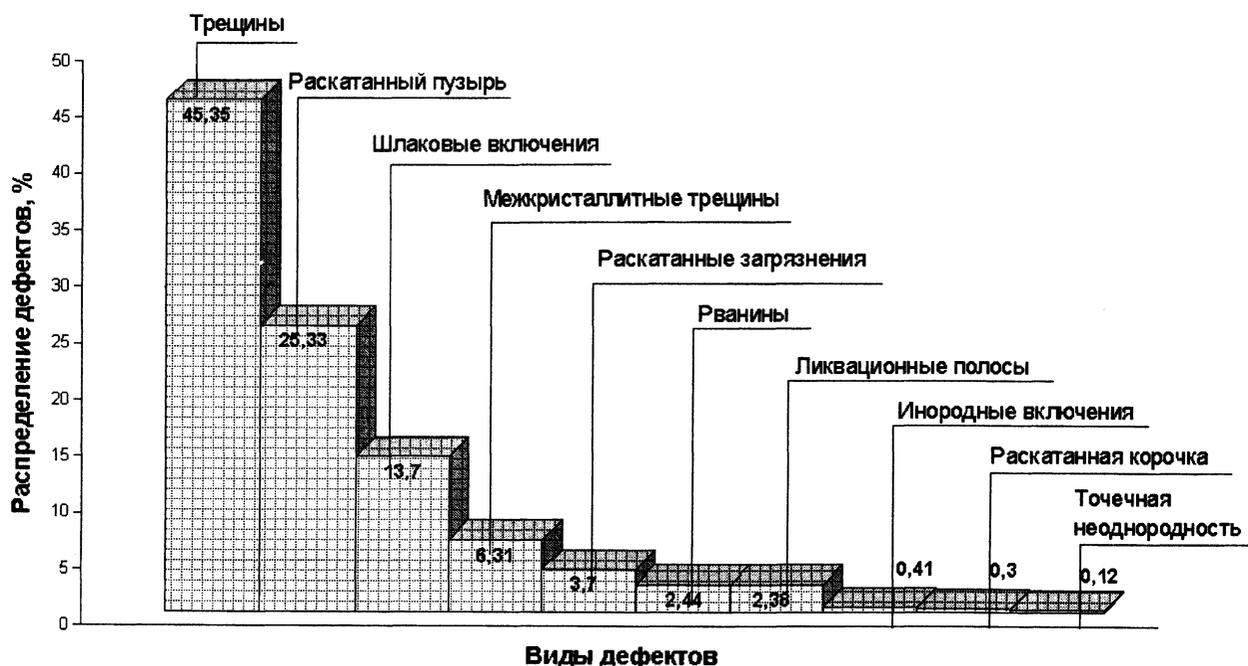


Рис. 2. Распределение по видам дефектов сталеплавильного передела

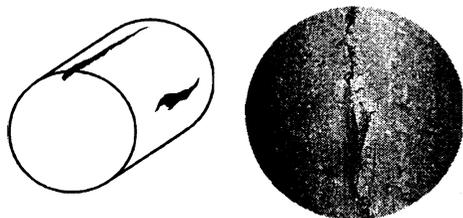


Каждый из дефектов, показанных на рис. 1, имеет свои причины возникновения и меры их предупреждения. В литературе [3–5] дана информация по описанию отдельных дефектов.

Авторами впервые сделано обобщение всех дефектов, встречающихся на сортовом круглом прокате в виде схемы (см. рис. 1) и разработан обобщенный классификатор, который включает вид дефекта, его описание, причины возникно-

вения, меры предупреждения. В качестве примера из разработанного классификатора на рис. 4 приведены виды дефектов, которые были ранжированы по описанной выше методике, как наиболее часто встречающиеся в выборке. Впервые каждый дефект одновременно показан схематично в виде рисунка, что удобно для зрительного восприятия цеховым персоналом и в виде фотографии для работы специалистов в области металловедения.

#### Раскатанное загрязнение



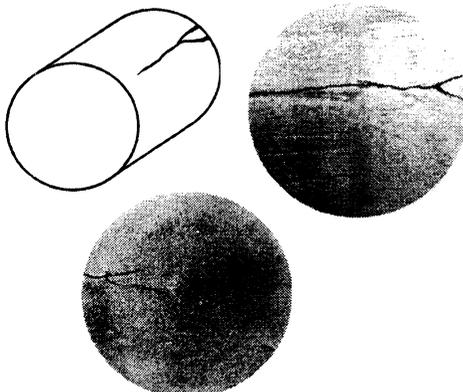
**Вид дефекта.** Раскатанное загрязнение.

**Описание дефекта.** Нарушение сплошности поверхности проката из-за наличия грубых неметаллических включений на литой заготовке, может быть различной протяженности и глубины проникновения.

**Причины возникновения.** Из-за промывания стакана-дозатора промежуточного ковша кислородом, низкого уровня металла в промежуточном ковше, недостаточной глубины погружения разливочного стакана, некачественной шлаковой смеси, колебания уровня металла в кристаллизаторе сверх допустимых значений.

**Меры по предупреждению возникновения дефекта.** Поддержание постоянного уровня металла в промежуточном ковше и кристаллизаторе, правильный подбор и применение качественных шлакообразующих смесей, использование качественного огнеупорного материала, соблюдение технологии внепечной обработки стали.

#### Раскатанная трещина



**Вид дефекта.** Раскатанная трещина.

**Описание дефекта.** Линейные нарушения сплошности на поверхности прутков.

**Причины возникновения.** Из-за наличия трещин на литой заготовке, возникших из-за нарушений температурно-скоростных режимов разлива.

**Меры по предупреждению возникновения дефекта.** При прокатке данный дефект предупредить невозможно. Непрерывнолитые заготовки с кристаллизационными трещинами должны быть отсортированы или зачищены.

#### Раскатанный пузырь



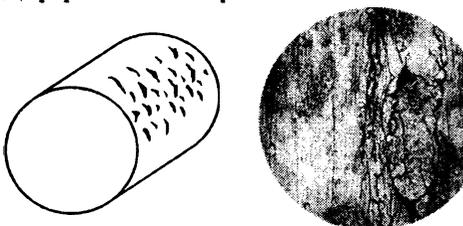
**Вид дефекта.** Раскатанный пузырь.

**Описание дефекта.** Прямолинейная несплошность, вытянутая в продольном направлении по поверхности проката; распределяется неравномерно.

**Причины возникновения.** Наличие подкорковых пузырей на литой заготовке из-за выделения избытка газов при кристаллизации металла.

**Меры по предупреждению возникновения дефекта.** Тщательное соблюдение технологии выплавки, раскисления и разлива стали.

#### Деформационная рванина



**Вид дефекта.** Деформационная рванина, связанная с перегревом.

**Описание дефекта.** Разветвленная трещина и разрыв различной глубины и ширины.

**Причины возникновения.** Низкая пластичность металла из-за нарушений режимов нагрева литых заготовок в печи перед прокаткой.

**Меры по предупреждению возникновения дефекта.** Соблюдение режимов нагрева в нагревательной печи стана 850.

Рис. 4. Часто встречающиеся виды дефектов

Описанный выше комплексный подход в оценке качества сортового проката позволяет обосновать приоритетность исследовательских работ по каждому из видов дефектов с учетом вероятности их появления и объемов прокатанных марок сталей. Выражение (3) можно дополнить информацией о затратах по устранению брака и затрат на предупреждение появления конкретно выбранных дефектов. Например, раскатанная трещина или раскатанное загрязнение в большинстве случаев является устранимым дефектом. Дефект удаляется на зачистных станках. Затраты на эту операцию увеличивают себестоимость продукции, но они относительно небольшие. Появление карбидной сетки или ликвационных полос в структуре металла исправить нельзя. Цена этого дефекта — затраты двух цехов на производство проката плюс невыполнение заказа.

Затраты на предупреждение дефекта также должны учитываться при планировании работы в области качества, так как предотвращение дефекта в виде рванин и раскатанных пузырей, как правило, не выше цены на более дорогую шлаковую смесь, обеспечение поддержания уровня

металла в промежуточном ковше, автоматизацию процесса разлива. Затраты на устранение брака по ликвации углерода, по недеформируемым включениям или обеспечение более жестких требований по ним, как правило, очень высоки и требуют серьезной реконструкции технологического оборудования МНЛЗ либо установки нового оборудования. Выраженный в безразмерном виде комплексный критерий на основе методики (3) с учетом стоимостных показателей позволяет формализовать и выразить в виде числа главную задачу по обеспечению качества на текущий период.

#### Литература

1. Жадан В.Т., Маневич В.А. Совершенствование технологии прокатки на основе комплексных критериев качества. М.: Металлургия, 1989.
2. Азгальдов Г.Г., Райхман Э.П. О квалиметрии. М.: Изд-во стандартов, 1973.
3. ГОСТ 21014-88. Прокат черных металлов. Термины и определение. М.: Изд-во стандартов, 1988.
4. Дефекты стали: Справ. под ред. С.М. Новокшеновой и М.И. Виноград. М.: Металлургия, 1984.
5. Атлас дефектов стали / Под ред. Г.М. Бернштейна. М.: Металлургия, 1986.

#### Международные металлургические выставки за рубежом на 2003 год

Куба (Гавана)	<b>METANICA</b> – Международная выставка по металлообрабатывающей и электронной промышленности	15–19 июля
Германия (Ганновер)	<b>EMC-2003</b> – 2-я европейская металлургическая конференция	16–19 сентября
Чехия (Брно)	<b>"MSV" &amp; "IMT"</b> – 45 Международная выставка машиностроения и 4-я Международная выставка металлообработки	16–20 сентября
Сингапур	<b>TUBE &amp; WIRE SINGAPORE</b> – 5-я всеазиатская международная специализированная выставка проволоки и кабеля и 4-я всеазиатская международная специализированная выставка труб	23–25 сентября
Италия (Милан)	<b>EMO MILANO 2003</b> – Всемирная выставка станков	21–28 сентября
Китай (Шанхай)	<b>MOULDING &amp; METAL-WORKING EXPO</b> – Международная выставка горнодобывающей и металлургической промышленности	13–16 октября
США (Кливленд)	<b>FABTECH International</b> – Международная выставка для металлургической промышленности	29–31 октября
Китай (Шанхай)	<b>SHANGHAI METAL EXPO 2003</b> – 11-я Международная металлургическая выставка	2–4 декабря

За информацией обращаться: 101934 Москва, Россия.

Тел. (095) 258 00 26, 208 02 21. Факс (095) 795 67 35. E-mail: info@inconnect.ru