

© Ю.В. Инатович, Г.П. Перунов, В.В. Лиманкин, 2012 г.  
ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет  
имени первого Президента России Б.Н.Ельцина»  
ОАО «Уральский институт металлов»  
г. Екатеринбург;  
ОАО «Амурметалл»  
г. Комсомольск-на-Амуре  
omd@mtf.ustu.ru

## ВЛИЯНИЕ КАНТОВОК РАСКАТОВ НА ПЛОТНОСТЬ НЕПРЕРЫВНОЛИТОЙ СТАЛИ

Плотность является удобным критерием количественной оценки поврежденности металла внутренними дефектами сплошности. Современные сортовые прокатные станы используют исходные заготовки из непрерывнолитой стали. Несмотря на это, в литературе в настоящее время отсутствуют данные о каких-либо исследованиях закономерностей изменения плотности непрерывнолитой стали в процессе горячей прокатки на сортовом стане. Поэтому на мелкосортно-проволочном стане 320/150 ОАО «Амурметалл» было проведено исследование изменения в процессе прокатки плотности металла непрерывнолитой исходной заготовки квадратного сечения со стороной 125 мм. Из этой заготовки на стане прокатывают круглую (ГОСТ 2590-06), арматурную (ГОСТ 5781-82 и ГОСТ 10884-94) и равнополочную угловую (ГОСТ 8509-93) сталь, а также катанку (ГОСТ 30136-94 и ГОСТ 4231-70).

Для исследования изменения плотности непрерывнолитой стали был применен метод гидростатического взвешивания, в соответствии с которым плотность тела определяется выражением  $\rho = [m_B / (m_B - m_{\text{ж}})] \rho_{\text{ж}}$ , где  $m_B$  – масса тела, найденная взвешиванием на воздухе,  $m_{\text{ж}}$  – масса тела в жидкости,  $\rho_{\text{ж}}$  – плотность жидкости. В качестве рабочей жидкости использовали дистиллированную воду. Взвешивание производили на гидростатических весах ВГ-2. Кубические образцы со стороной 1 см для измерения плотности металла изготавливали из темплетов раскатов, отобранных непосредственно на стане при прокатке катанки Ø6,5 мм из стали марки СтЗсп и арматурного профиля № 14 из стали марки 35ГС. Значения плотности, полученные для образцов из одного темплета, усредняли.

На рис. 1 показаны тренды изменения средней плотности по сечению полосы в зависимости от суммарного коэффициента вытяжки  $\lambda_{\Sigma}$  и номера клетки.

В результате замеров установлено, что средняя плотность металла по сечению непрерывнолитой квадратной заготовки мало зависит от марки стали и характеризуется величиной  $7700 \pm 10$  кг/м<sup>3</sup> (рис. 1). При этом у исходной

заготовки можно выделить две области с пониженной плотностью. Первая область совпадает с осевой зоной заготовки, вторая расположена в верхней прикорковой зоне. Снижение плотности металла в осевой зоне во многом объясняется наличием центральной рыхлости, а в прикорковой зоне – повышенным содержанием газов в кристаллизующемся металле и внутренними окисленными трещинами (рис. 2).

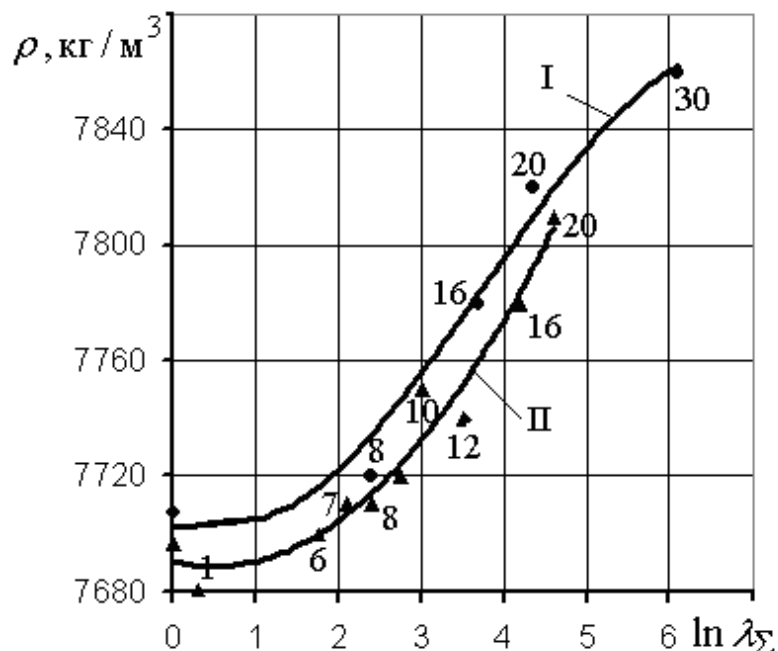


Рис. 1. Тренды изменения средней плотности металла при прокатке катанки диаметром 6,5 мм (I) и арматурной стали № 14 (II): 1–30 – номера рабочих клеток

Из графика (рис. 1) видно, что характер изменения плотности металла на стане во многом определяется величиной накопленной деформации. В черновой группе клеток монотонное увеличение плотности металла происходит практически только после четвертой клетки, когда коэффициент суммарной вытяжки  $\lambda_{\Sigma}$  больше 5 ( $\ln \lambda_{\Sigma} \cong 1,5$ ). В промежуточных и чистовых группах клеток стана по сравнению с черновой группой заметно увеличивается интенсивность нарастания плотности деформируемого металла.

При прокатке катанки диаметром 6,5 мм с  $\lambda_{\Sigma} = 460$  ( $\ln \lambda_{\Sigma} = 6,1$ ) общее увеличение плотности непрерывнолитого металла составляет 1,95 %, и плотность готового профиля равна  $7850 \pm 10$  кг/м<sup>3</sup>, что соответствует номинальной плотности этого профиля по стандарту (7836 кг/м<sup>3</sup>).

Подкатом для блока чистовых клеток при прокатке катанки Ø 6,5 мм, служит раскат круглого поперечного сечения, эквивалентного по площади круглой стали диаметром 16 мм. Поэтому можно прогнозировать, что плотность круглой стали Ø16 мм, прокатанной из непрерывнолитой

заготовки, будет равна  $\rho = 7820 \pm 10 \text{ кг/м}^3$  (см. рис. 1, кривая I, клетка 20), то есть меньше номинальной плотности этого профиля по ГОСТ 2590-88 –  $7857 \text{ кг/м}^3$ . Вместе с тем, в результате наших замеров плотности металла круглой стали  $\varnothing 16 \text{ мм}$ , прокатываемой на стане 250-2 ОАО «Западносибирский металлургический комбинат» из катаной квадратной заготовки сечением  $80 \times 80 \text{ мм}$ , установлено, что, несмотря на меньший коэффициент суммарной вытяжки, плотность готового профиля составляла  $\rho = 7880 \text{ кг/м}^3$ .

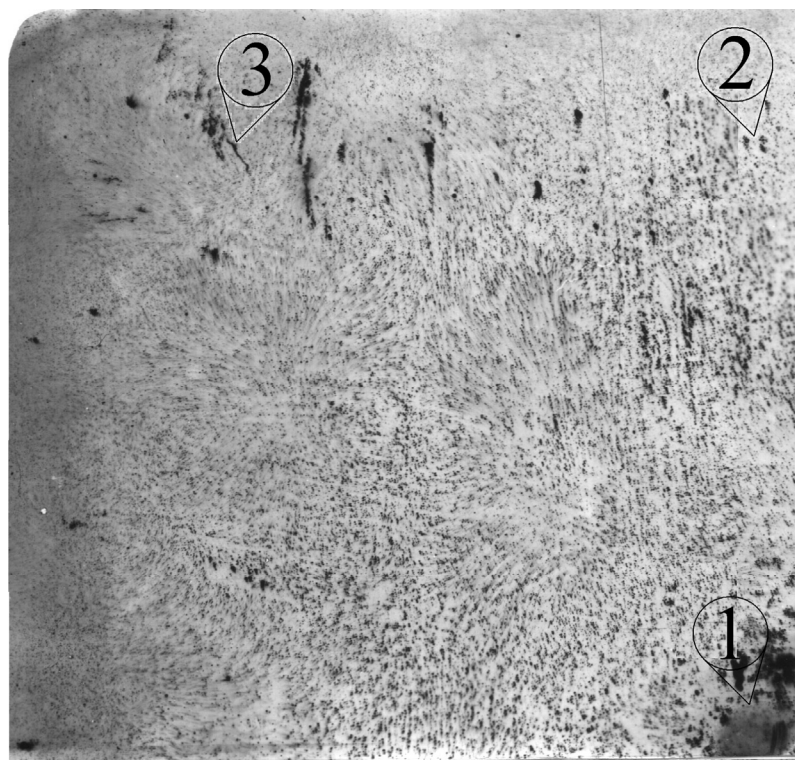


Рис. 2. Сернистый отпечаток поперечного сечения (четвертая часть) непрерывнолитой исходной заготовки из стали марки СтЗсп ( $\times 1,3$ ):  
1 – центральная рыхлость; 2 – боковая пористость; 3 – горячие трещины

Плотность металла арматурного профиля № 14 при  $\lambda_{\Sigma} = 102$  ( $\ln \lambda_{\Sigma} = 4,6$ ; см. рис. 1, кривая II, клетка 20) равна  $7810 \pm 10 \text{ кг/м}^3$ , что также несколько ниже номинальной плотности  $7857 \text{ кг/м}^3$  по ГОСТ. Поэтому целесообразно изыскать способы повысить эффективность режимов деформации раската, с точки зрения увеличения его плотности, прежде всего в черновой группе клетей. Одним из таких способов является применение определенного закона кантовок раската.

С целью оценки влияния последовательности кантовок раската в межклетевых промежутках на изменение плотности металла было проведено экспериментальное исследование на торсионном пластометре. Программа горячего кручения состояла из трех серий опытов. Первая серия опытов заключалась в одностороннем закручивании образцов до момента

разрушения; вторая – в циклическом знакопеременном деформировании с постоянной амплитудой угла закручивания; третья - включала симметричное знакопеременное кручение с постоянной амплитудой угла закручивания. Во второй и третьей серии опытов угол закручивания принимали равным  $\beta = 0,175$  рад ( $\cong 10^\circ$ ). Плотность металла определяли методом гидростатического взвешивания. Всего в опытах использовано 39 образцов. Для каждого образца рассчитывали накопленную степень деформации сдвига  $\Lambda$  по формуле  $\Lambda = \sum_i \text{tg} \beta_i$ , где  $i$  – число циклов закручивания при знакопеременной деформации.

Данные экспериментов показаны на рис. 3. Полученные результаты свидетельствуют, что способ нагружения оказывает заметное влияние на изменение плотности металла образцов.

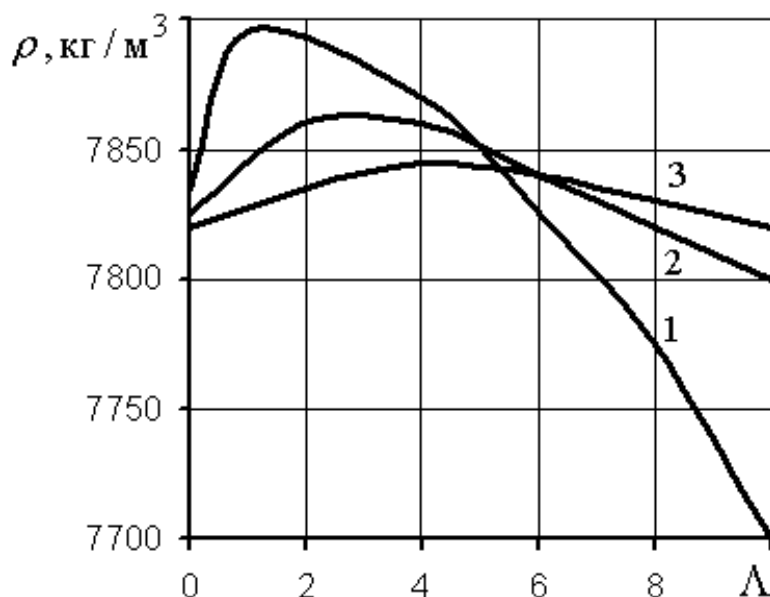


Рис. 3. Тренды зависимости плотности стали марки 35ГС от степени деформации и схемы горячего пластического кручения: 1 – кручение в одну сторону; 2 – циклическое знакопеременное кручение; 3 – симметричное циклическое знакопеременное кручение

Выполненное экспериментальное исследование позволило сделать вывод о том, что интенсивность изменения среднего значения плотности металла в случае одностороннего закручивания заметно выше, чем при знакопеременном кручении. Причем в диапазоне малых сдвиговых деформаций одностороннее закручивание максимально способствует увеличению плотности металла.

Такой вывод был использован в практических целях при выборе на стане рационального направления кантовок раската между горизонтальными клетями.