

*к.т.н. Куберский С.В.,
Куберская Н.В.,
Федотов О.В.
(ДонГТУ, г. Алчевск, Украина)*

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА НЕПРЕРЫВНОЛИТОЙ СОРТОВОЙ ЗАГОТОВКИ ИЗ КОРРОЗИОННОСТОЙКОЙ СТАЛИ

На підставі експериментальних даних в умовах заводу «Серп і молот» (м. Москва) проведений аналіз утворення тріщин в листах з безперервнолитих заготовок для хромистих і хромо-нікелевих сталей, легированих титаном. Запропоновані заходи, що дозволяють знизити схильність безперервнолитого металу до утворення дефектів, підвищити якість заготовок і прокату.

***Ключові слова:** безперервнолита заготовка, титан, хромо-нікелева сталь, дефекти прокату.*

На основании экспериментальных данных в условиях завода «Серп и молот» (г. Москва) проведен анализ образования трещин в листах из непрерывнолитых заготовок для хромистых и хромо-никелевых сталей, легированных титаном. Предложены мероприятия, позволяющие снизить склонность непрерывнолитого металла к образованию дефектов, повысить качество заготовок и проката.

***Ключевые слова:** непрерывнолитая заготовка, титан, хромо-никелевая сталь, дефекты проката.*

Освоение непрерывной разливки стали, выплавляемой в электросталеплавильном цехе завода «Серп и молот», позволило существенно расширить сортамент специальных сталей собственной выплавки для удовлетворения заказов часовой, авиационной и инструментальной промышленности. В числе освоенных можно отметить углеродистые, инструментальные и конструкционные низколегированные стали, а также коррозионностойкие хромистые стали ферритного, ферритно-мартенситного и мартенситного класса.

Определенные трудности, связанные с повышенной отбраковкой по трещинам горячекатаного металла, возникли при производстве *листа* из непрерывнолитых заготовок хромистых и хромо-никелевых сталей, легированных титаном.

Для выявления путей улучшения качества горячекатаного сортового проката и подката, идущего на производство листа, проведено сравнительное исследование химического состава и уровня загрязненности металла неметаллическими включениями и газами путем отбора проб проката, полученного из привозных катанных и собственных непрерывнолитых заготовок.

Следует отметить, что помимо образцов для химического и металлографического анализа в ходе исследования изготавливали стандартные образцы для механических испытаний.

Исследуемый массив состоял из 65 плавов стали типа X18H10T, поступивших со Златоустовского металлургического завода и завода «Днепрспецсталь», а также 50-ти плавов стали указанного типа, разлитой на УНРС завода «Серп и молот», из которых 13 имели удовлетворительный расходный коэффициент, а 37 характеризовались повышенной отбраковкой проката.

Результаты контроля химического состава исследованных проб металла с указанием предельных и средних концентраций основных компонентов приведены в таблице.

Таблица – Результаты химического анализа исследованного металла

Символы элементов	Массовая доля элементов %, для заводов			
	«Днепрспецсталь»	Златоустовский металлургический	«Серп и Молот»	
			нормальный расходный коэффициент	повышенный расходный коэффициент
<i>Ni</i>	$\frac{9,48-10,65^*}{10,28}$	$\frac{9,43-10,75}{10,36}$	$\frac{9,50-10,45}{10,04}$	$\frac{9,01-10,30}{9,81}$
<i>Cr</i>	$\frac{17,46-18,46}{17,87}$	$\frac{17,25-18,80}{18,01}$	$\frac{17,35-18,91}{18,10}$	$\frac{17,53-18,97}{18,35}$
<i>Ti</i>	$\frac{0,38-0,70}{0,51}$	$\frac{0,27-0,75}{0,56}$	$\frac{0,45-0,70}{0,61}$	$\frac{0,35-0,80}{0,67}$
$\frac{Cr}{Ni}$	$\frac{1,70-1,82}{1,74}$	$\frac{1,65-1,84}{1,73}$	$\frac{1,65-1,87}{1,80}$	$\frac{1,78-1,90}{1,85}$
$\frac{Ti}{C}$	$\frac{5,00-7,60}{6,00}$	$\frac{5,00-7,50}{6,30}$	$\frac{5,10-8,00}{6,35}$	$\frac{5,10-11,00}{7,40}$
<i>N</i>	$\frac{0,0055-0,014}{0,0098}$	$\frac{0,0048-0,015}{0,0093}$	$\frac{0,011-0,017}{0,0124}$	$\frac{0,0152-0,024}{0,0172}$
<i>O</i>	$\frac{0,0013-0,006}{0,0040}$	$\frac{0,0017-0,0072}{0,0041}$	$\frac{0,003-0,009}{0,0070}$	$\frac{0,004-0,022}{0,0155}$

*– в числителе пределы отклонений, в знаменателе среднее значение.

В результате проведенного анализа установлено, что металлу, разлитому на УНРС в условиях завода «Серп и Молот», свойственно более высокое содержание хрома и титана (табл.) и меньшая концентрация никеля. Особенно значительны эти отличия для плавок, характеризующихся повышенным расходным коэффициентом, либо вообще попавшим в брак. Известно [1, 2], что повышенное отношение Cr/Ni и Ti/C отрицательно сказывается на качестве металла. Это объясняется ростом количества α -фазы и загрязненности стали неметаллическими включениями вследствие взаимодействия избыточного, по отношению к углероду, титана с кислородом и азотом [3].

Это нашло подтверждение и в нашем исследовании. Так для случая металла, разлитого на УНРС, характерна не только более высокая концентрация титана и отношения Ti/C , но и повышенное содержание азота, кислорода и неметаллических включений.

Включения представляют собой, в основном, нитриды и карбонитриды титана, и если для привозного металла загрязненность находится в пределах 1,5 – 2,5 балла, то в непрерывнолитом металле наблюдаются грубые скопления неметаллических включений 3,0 – 4,5 балла, что в большей степени способствует образованию различного рода дефектов.

Особое внимание при исследовании микрошлифов было уделено дефектным местам. Состав включений изучен на микрозонде MS-46 (фирма «Камека»). Обнаружены грубые газовые поры, сопровождающиеся скоплениями нитридов титана. Наряду с глобулярными включениями присутствуют пленочные, располагающиеся по границам зерен в виде оксидов титана и алюминия.

Следует отметить, что скопления нитридов и оксидов обнаружены не только у поверхности, но и встречаются в центре «сутунки». При этом и остальные объемы металла значительно загрязнены точечными нитридами и оксидами. В ряде случаев в дефектных местах обнаружены скопления оксикарбонитридов.

Сравнение механических характеристик опытных образцов показало, что уровень свойств в целом удовлетворяет требованиям существующих стандартов.

Однако удалось заметить, что с ростом концентрации никеля имеется тенденция снижения пределов прочности и текучести, а относительное удлинение и сужение увеличиваются. Рост содержания никеля в металле от 9,81% до 10,09% способствует снижению пределов прочности с 620 до 605 н/мм² и текучести с 295 до 280 н/мм², а также увеличению значений относительного удлинения с 68 до 71% и сужения с 55 до 57%. Это объясняется прежде всего способностью никеля повышать

стабильность аустенита. Титан же, наоборот, относится к сильным ферритообразующим элементам.

В работе [4] установлено, что увеличение концентрации титана вызывает повышение пределов прочности и текучести, а с увеличением избытка титана по отношению к углероду свыше 4-х кратного, увеличивается отрицательное влияние величины зерна на пластичность, определяемую при длительных испытаниях на жаропрочность. При отношении титана к углероду более 5 – 6 кратного избыточный титан выделяется по границам зерен в виде интерметаллидного соединения. Аналогичные результаты получены и в ходе нашей работы. Рост отношения Ti/C в металле от 5,5 до 8,5 способствует повышению пределов прочности с 590 до 615 н/мм² и текучести с 263 до 290 н/мм², а также снижению значений относительного удлинения с 73 до 68,5% и сужения с 60 до 55%.

Исследования влияния титана на механические характеристики в более широком интервале позволило установить, что наиболее резкое снижение пластических характеристик стали наблюдается при концентрации титана больше 0,65%, а в интервале 0,50 – 0,65% изменения относительного удлинения и сужения незначительны.

Как отмечалось выше, повышенное содержание титана вызывает загрязнение стали неметаллическими **включениями**, которые также отрицательно влияют на пластичность металла. С увеличением количества включений предел прочности и текучести возрастает, а относительное сужение, удлинение и ударная вязкость снижаются.

Кроме отмеченных влияний концентрации титана на механические характеристики, загрязненность и структуру стали, в ходе исследования было установлено, что увеличение потерь металла на зачистку и стружку обусловлено повышением концентрации легирующего элемента в непрерывнолитых заготовках (рисунок 1).

Проведенный анализ позволил заключить, что для снижения склонности непрерывнолитого металла к образованию дефектов, повышения качества заготовок и проката необходимо:

1. Ограничить концентрацию хрома в стали на уровне 17,0 – 18,0%.
2. Легирование стали никелем производить на верхнюю границу для обеспечения его концентрации на уровне 10,0 – 11,0%.
3. Отношение концентрации хрома к никелю не должно превышать 1,8.
4. Стабилизацию стали титаном осуществлять ближе к нижней границе требуемого химического состава для обеспечения отношения, Ti/C в пределах 5,0 – 6,0.

5. Разработать мероприятия способствующие снижению содержания азота, кислорода и неметаллических включений в непрерывнолитых заготовках и прокате.

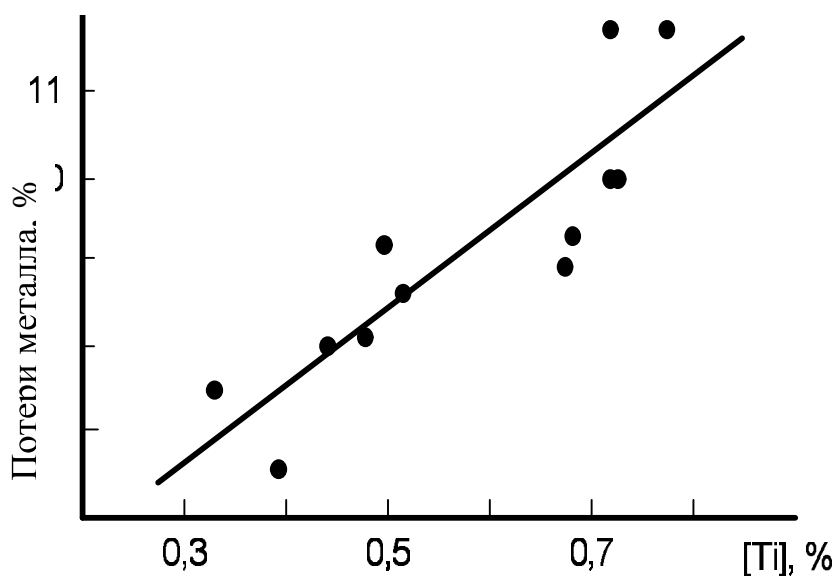


Рисунок 1 – Зависимость потерь металла на зачистку и стружку от массовой доли титана в стали 12X18H10T

Библиографический список

1. Бородулин Г.М., Мошкевич Е.И. *Нержавеющая сталь*. – М.: *Металлургия*, 1973. с. 320.
2. Ксензук Ф.А., Павлицев В.В., Троценков Н.А. *Производство листовой нержавеющей стали*. – М.: *Металлургия*, 1975, с. 384.
3. Мошкевич Е.И. и др. *В ст. Физико-химические основы производства стали*. – М.: *Наука*, 1968, с.189.
4. Jauch R. *Qualitätsst and beim Stranggieben Von Lorbloeken and Knuppeln*. – *Stahl and Eisen*. 1978, Bd 98, №6, p. 244 – 254.

Рекомендовано к печати д.т.н., проф. Петрушовым С.Н.