

# ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ МЯГКОГО ОБЖАТИЯ НЕПРЕРЫВНОЛИТЫХ СОРТОВЫХ ЗАГОТОВОК В ПРОМЫШЛЕННЫХ УСЛОВИЯХ

**С. В. Куберский**

Кандидат технических наук, доцент  
Кафедра металлургии черных металлов  
Донбасский государственный технический университет  
пр. Ленина, 16, г. Алчевск, 94204

**С. М. Стриченко**

Ведущий инженер  
ОАО «Енакиевский металлургический завод»  
пр. Металлургов, 9, г. Енакиево, Донецкая обл., 86400

**А. В. Завгородний**

Аспирант  
Донбасская государственная машиностроительная академия  
ул. Шкадинова, 72, г. Краматорск, Донецкая обл.  
E-mail: amm@dgma.donetsk.ua

*Виконано експериментальні дослідження, які свідчать про достатній рівень ефективності застосування процесу «м'якого» обжаття безперервнолитих сортових заготовок, що необхідно враховувати при створенні нового, а також вдосконаленні діючого устаткування машин безперервного розливання.*

*Ключові слова:* «м'яке» обжаття, машина безперервного лиття заготовок.

*Выполнены экспериментальные исследования, которые свидетельствуют о достаточной степени эффективности применения процесса «мягкого» обжатия непрерывнолитых сортовых заготовок, что необходимо учитывать при создании нового, а также совершенствовании действующего оборудования машин непрерывной разливки.*

*Ключевые слова:* «мягкое» обжатие, машина непрерывного литья заготовок.

*The experimental studies that indicate a sufficient degree of effectiveness of the process of «soft» compression of continuously casting billet that must be considered when creating a new, as well as improving the existing equipment for continuous casting machines.*

*Keywords:* a «soft» compression, continuous casting machine.

## Введение

Предприятия металлургического комплекса Украины относятся к крупнейшим поставщикам сортовой заготовки и длинномерного проката на мировой рынок. В условиях жесткой конкуренции перед отечественными производителями встала проблема скорейшего повышения качества длинномерного проката, то есть определения условий совершенствования технологических процессов производства сортовой заготовки и тенденций развития требований к ее качеству [1, 2].

Наиболее эффективным приемом повышения качества непрерывнолитых сортовых заготовок за счет снижения макроликвации является реализация их «мягкого» обжатия, то есть создание небольшого обжатия, компенсирующего объемную усадку стали при затвердевании и предотвращающего тем самым ликвационное расслоение в центральной части заготовки [3, 4].

Целью работы является уточнение исходных предпосылок для разработки конкретных технологий и условий реализации процесса правки заготовок в ТПМ сортовых МНЛЗ.

Экспериментальные исследования процессов «мягкого» обжатия непрерывнолитых заготовок в промышленных условиях были проведены на тянуще-правильном

устройстве (рис. 1) сортовой машины непрерывного литья заготовок Енакиевского металлургического завода.



**Рис. 1.** Общий вид тянуще-правильного устройства шестиручьевого сортовой МНЛЗ Енакиевского металлургического завода

В последнее время на ПАО «Енакиевский металлургический завод» реализуется программа, направленная

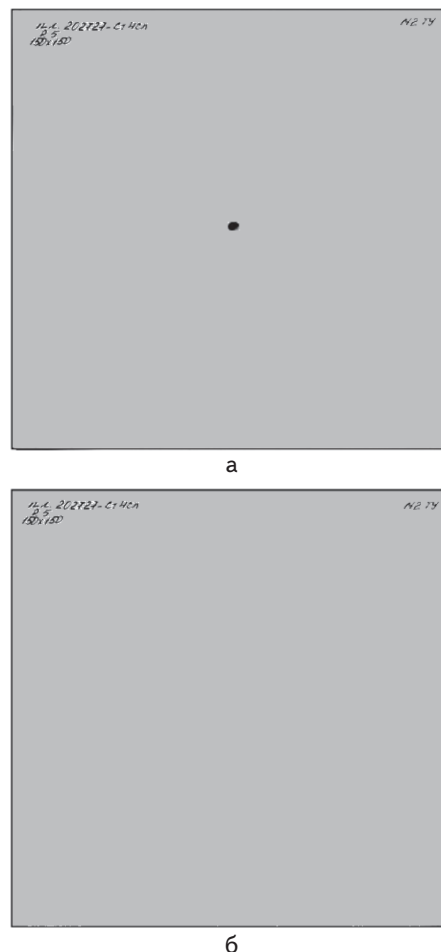
на повышение производительности МНЛЗ. Для мониторинга существующей в настоящее время технологии разливки стали на МНЛЗ, а также выдачи рекомендаций по внедрению различных технических и технологических решений с целью устранения узких мест и повышения производительности МНЛЗ, привлекались специалисты компании изготовителя существующей МНЛЗ — ОАО «НКМЗ». Основными выводами предложенной программы модернизации МНЛЗ являются: повышение производительности МНЛЗ может быть достигнуто, частично, за счет увеличения скорости. Проведя ряд мероприятий, скорость разливки непрерывнолитой заготовки увеличилась на 15–20 %, в частности средняя скорость разливки квадрата  $150 \times 150$  мм, производство которого составляет около 60 % от всего объема производства МНЛЗ, увеличилась с 2,65 м/мин до 3,2 м/мин. В связи с тем, что при разливке отдельных плавок имелись замечания по температурному режиму разливки, равномерности и эффективности охлаждения непрерывнолитой заготовки в ЗВО, в осевой части заготовки отмечалось образование дефектов усадочного происхождения. В среднем балл дефекта осевая пористость, после перехода на разливку на повышенных скоростях, возрос с 0,5 до 1,0–1,5 балла. Также на отдельных плавках отмечено образование усадочной раковины величиной 1,0–2,5 мм.

С целью подавления дефектов усадочного происхождения в осевой зоне непрерывнолитой заготовки предложено рассмотреть вопрос обжатия заготовки в валках ТПМ посредством установки повышенного давления на тянущие валки ТПМ. На первом этапе внедрения данного мероприятия выполнен теоретический расчет необходимого усилия обеспечивающего подавление усадочных дефектов в осевой зоне, но и одновременно не выводящих геометрические размеры квадратной заготовки после ее обжатия за допустимые значения.

Теоретический расчет и дальнейший практический эксперимент проводился при разливке непрерывнолитой заготовки сечением  $150 \times 150$  мм. При этом было установлено, что для непрерывнолитой заготовки сечением  $150 \times 150$  (мм) и величины ее абсолютного обжатия на 1,5 мм необходимо увеличить давление рабочей жидкости, подаваемой в поршневую полость, на 0,9 МПа, то есть с 1,6 МПа до 2,5 МПа, что обеспечит повышение силы прижатия рабочих роликов с 36,2 кН до 56,6 кН.

Второй этап заключался в оценке эффективности обжатия непрерывнолитой заготовки в валках ТПМ, после подготовки, согласования и утверждения технологического задания, поэтапно с добавлением по 0,2 МПа к начальной величине давления рабочей жидкости гидроцилиндра 1,6 МПа устанавливали повышенное давление на валки ТПМ при разливке опытных плавок. Эксперимент по установке повышенного давления прижатия на валки ТПМ проводился на ручье № 6 МНЛЗ № 2. Разливка опытных плавок стартовала 7 февраля 2011 г. при разливке марки стали 5сп. На каждом этапе с добавлением по 0,2–0,3 МПа на существующее прижатие валков ТПМ разлито по 10 плавок, с замером в горячем потоке геометрических размеров непрерывнолитой заготовки, визуальном контроле качества поверхности заготовки на наличие поверхностных дефектов, отбором темплетов для контроля макроструктуры, контроле скорости разливки и температуры поверхности заготовки перед ТПМ. Во время проведения эксперимента по

6-му ручью, во время поэтапного повышения давления рабочей жидкости гидроцилиндров прижатия тянущих валков, осуществляли замер сторон непрерывно-литой заготовки в горячем потоке на разгрузочном стеллаже перед поступлением заготовки на кантующей холодильник. При установленном давлении 2,3 МПа высота заготовки составила 147,5 мм (величина обжатия 2,5 мм), ширина заготовки 152,0 мм (уширение заготовки 2 мм), согласно ТУ У-27.1-00191193-023-2001 «Непрерывно-литая заготовка квадратного сечения» допустимое отклонение по стороне квадрата составляет  $\pm 3,5$  мм. При установке величины давления на тянущие ролики ТПМ 2,3 МПа полностью устранилась усадка за счет прижатия поверхностных затвердевших слоев в вертикальной плоскости и выдавливания с осевой зоны жидкого металла в направлении противоположном разливке. Осмотр отобранных темплетов (рис. 2) также свидетельствует об отсутствии усадочных дефектов, и отсутствии деформационные трещины.



**Рис. 2.** Темплеты, полученные в результате экспериментальных исследований процессов «мягкого» обжатия в промышленных условиях на шестиручьева сортовой МНЛЗ Енакиевского металлургического завода: а — без применения «мягкого» обжатия (5 ручей); б — с применением «мягкого» обжатия (6 ручей)

Результаты проведенных в промышленных условиях экспериментальных исследований процесса «мягкого» обжатия представлены на рис. 2 и в табл. 1, 2.

**Таблица 1**

Технологические показатели по экспериментальному ручью № 6 и сравнительному ручью № 5 МНЛЗ № 2 Енакиевского металлургического завода

Номер ручья	Давление рабочей жидкости, подаваемой в гидроцилиндр механизма прижатия рабочих роликов тянущее-правильного устройства, МПа	Количество разлитых плавок, шт	Средняя скорость разливки, м/мин	Средняя температура заготовки перед тянущее-правильным устройством, °С
6	2,5	1128	2,98	1104
5	1,6	1115	2,93	1096

**Таблица 2**

Качественные показатели непрерывнолитых заготовок по экспериментальному ручью № 6 и сравнительному ручью № 5 МНЛЗ № 2 Енакиевского металлургического завода

Номер ручья	Средние размеры сторон квадрата НЛЗ, мм (высота и ширина)*	Средний балл осевой пористости	Средняя величина усадочной раковины, мм	Средний балл осевых трещин
6	148,5 × 151,0	0	0,5	0,5
5	150,0 × 150,0	2,0	2,5	0,5

\* – в соответствии с требованиями к непрерывно-литой квадратной заготовке ТУ У-27.1-00191193-023-2001 с изменением № 1, разность сторон для НЛЗ сечением 150 × 150 мм не должна превышать 3,5 мм.

После подготовки отчета о проделанной работе, начиная с 30 марта 2011 года, на МНЛЗ № 2 по всем ру-

чьям установили повышенное прижатие валков ТПМ с целью обжата непрерывнолитой заготовки и устранения дефектов усадочного происхождения в осевой зоне заготовок.

**Выводы**

В целом, результаты выполненных экспериментальных исследований свидетельствуют о достаточной степени эффективности применения процесса «мягкого» обжата непрерывнолитых сортовых заготовок, что необходимо учитывать при создании нового, а также совершенствовании действующего оборудования машин непрерывной разливки.

**Литература**

1. Мазур В. Л. Анализ тенденций развития горно-металлургического комплекса Украины [Текст] / В. Л. Мазур, А. К. Голубченко // Сталь. – 2007. – № 4. – С. 83–93.
2. Минаев А. А. Совмещенные металлургические процессы: монография [Текст] / А. А. Минаев. – Донецк: Технопарк ДонГТУ УНИТЕХ, 2008. – 552 с.
3. Смирнов Е. Н. Развитие научных основ повышения качества сортового проката из непрерывнолитой стали и совершенствование технологии производства; 05.03.05 [Текст] / Смирнов Евгений Николаевич. – Донецк, 2009. – 577 с.
4. Система технологического проектирования метода «мягкого» обжата непрерывнолитых блюмов и заготовок в конце затвердевания [Текст] / А. А. Минаев, Е. Н. Смирнов, А. Н. Смирнов [и др.]. // Ресурсозберігаючі технології виробництва та обробки тиском матеріалів у машинобудуванні: зб. наук. пр. – Луганськ: вид-во СНУ ім. Даля, 2002. – С. 59–66.

УДК 629.5.01:629.584

# ПОВРЕЖДАЕМОСТЬ БЛОКОВ ПЛАВУЧЕСТИ ИЗ ПЕНОСТЕКЛА ДЛЯ ПОДВОДНЫХ АППАРАТОВ

**Н. С. Соломонюк**  
Ассистент

Кафедра проектирования и изготовления конструкций из композиционных материалов  
Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова  
пр. Героев Сталинграда, 9г, г. Николаев, Украина, 540  
**Контактные тел.:** (0512) 47-64-15, 095-288-30-25  
**E-mail:** nata\_solo@ukr.net

*Побудована математична модель руйнування блока плавучості на основі піноскла для підводних апаратів при гідростатичному стисканні. Доведена її працездатність порівнянням з експериментальними даними пошкоджувальності піноскла.*

*Ключові слова:* пошкоджуваність, плавучість, піноскло, гідростатичний тиск.

*Построена математическая модель разрушения блоков плавучести из пеностекла для подводных аппаратов при гидростатическом сжатии. Доказана ее работоспособность сравнением с экспериментальными данными повреждаемости пеностекла.*

*Ключевые слова:* повреждаемость, плавучесть, пеностекло, гидростатическое давление.

*The mathematic model of buoyancy blocks' destruction of the foam-glass attached for the submarine to hydrostatic pressure is built. Its capacity is proved by comparison with experimental data of foamglass failure.*

*Keywords:* failure, buoyancy, foamglass, hydrostatic pressure.