

В. Н. Данченко /д. т. н./,
А. А. Самсоненко /к. т. н./, В. В. Андреев /к. т. н./
Национальная металлургическая академия
Украины

Г. В. Бергеман /к. т. н./
ПАО «Евраз-ДМЗ им. Петровского»

Экспериментальные исследования комплексного влияния температурных и деформационных параметров прокатки на механические свойства металлоизделий

В работе проведено экспериментальное исследование совместного влияния температуры начала прокатки и различных режимов деформации на механические свойства образцов из стали Ст3пс. Проведены испытания по определению предела текучести, предела прочности, относительного удлинения и ударной вязкости для образцов, прокатанных по девяти режимам прокатки. Анализ полученных данных подтвердил возможность управления механическими свойствами проката путем изменения температурно-деформационных условий процесса. Полученные результаты могут быть реализованы в условиях существующих производств без существенного изменения технологий и оборудования путем внедрения технологий прокатки заготовок с пониженной температурой нагрева. (Ил. 2. Табл. 2. Библиогр.: 8 назв.).

Ключевые слова: горячая прокатка, температура нагрева, режим деформаций, предел текучести, предел прочности, относительное удлинение, ударная вязкость.

In the experimental study of the joint effect of temperature start rolling and the various modes of deformation on the mechanical properties of the samples of steel St3ps. Tests to determine the yield stress, tensile strength, elongation, and toughness for the samples rolled at rolling nine modes. Analysis of the data confirmed the possibility of controlling the mechanical properties of rolled by changing temperature and strain of process conditions. The results can be implemented in the conditions of existing facilities without significant changes in technology and equipment through the introduction of blanks rolling technology with low temperature heat.

Key words: hot rolling heating temperature, the mode of deformation, the yield strength, tensile strength, elongation, toughness.

Повышение механических свойств сортового проката является одним из основных требований современного рынка металлопродукции. Оно позволяет снизить массу металлоконструкций [1] и повысить конкурентоспособность предприятия-производителя за счет улучшения качества проката [2]. Долгое время основным способом регулирования и повышения механических свойств прокатной продукции являлось улучшение химического состава выплаваемой стали путем легирования. Однако данное направление имеет ряд ограничений, связанных с освоением технологий выплавки и дороговизной легирующих элементов. Вторым направлением, получившим значительное развитие в последнее время, является повышение свойств металлопроката за счет усовершенствования процессов термопластической обработки в линии стана путем регламентирования температурно-деформационно-временных режимов прокатки [3; 4]. Исследования в этом направлении в основном посвящены процессам контролируемой прокатки листа и простого сортового проката из

легированных сталей [3; 5–7]. При этом малоисследованным направлением остается повышение механических свойств фасонных профилей из сталей обыкновенного качества [8]. Поэтому актуальными являются исследования, направленные на определение возможности влияния на механические свойства проката путем регулирования температурно-деформационных параметров, характерных для условий сортовой прокатки.

Целью данной работы является экспериментальное исследование комплексного влияния температуры начала прокатки и деформационных режимов на механические свойства проката.

При разработке плана эксперимента были рассмотрены следующие варианты изменения степени деформации по проходам (рис. 1): прокатка заготовок с одинаковой степенью деформации в каждом проходе, с уменьшением и с увеличением степени деформации, смешанный режим. В данной работе рассмотрены первые три режима.

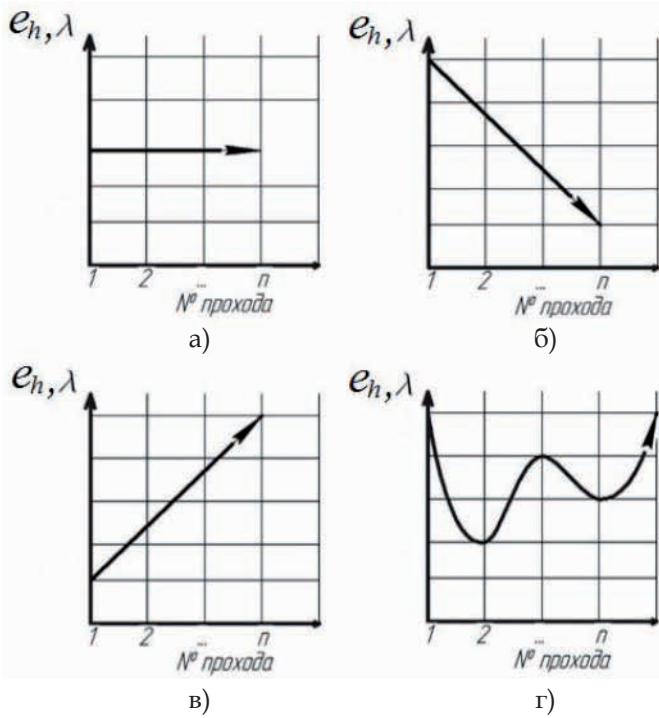


Рис. 1. Возможные режимы деформации:
 а – равный; б – убывающий; в – возрастающий;
 г – смешанный

Исследование влияния температурного режима прокатки было реализовано путем снижения температуры нагрева заготовок перед прокаткой. Другим вариантом изменения температурного режима прокатки является снижение температуры проката в междеформационных периодах [5].

Исследования проводились в условиях лаборатории кафедры обработки металлов давлением НМетАУ и центральной заводской лаборатории ПАО «Евраз-ДМЗ им. Петровского». Нагрев образцов перед прокаткой осуществлялся в лабораторной камерной электропечи СНОЛ-2,5.4.1,4/11-И1. После нагрева прокатка осуществлялась на реверсивном одноклетьевом стане 200 (мощность двигателя – 30 кВт). Наличие коробки передач в линии провода стана позволяет регулировать число оборотов в пределах от 2,8 до 52 об/мин. Правка образцов осуществлялась на гидравлическом прессе 2ПГ-125. Измерение размеров образцов проводили с точностью 0,01 мм. После правки и обмера образцы передавались на ПАО «Евраз-ДМЗ Петровского» для проведения механических испытаний.

Проведены эксперименты по прокатке квадратной заготовки на гладких валках без кантовки. Материал заготовки – СтЗпс. Размеры заготовки 25×25×200 мм. Диаметр валков 205 мм. Длина бочки валка 400 мм. Частота вращения валков 12,5 об/мин.

Деформация образцов осуществлялась в 4 прохода по режимам, приведенным в табл. 1. Реализация того или иного режима деформаций осуществлялась во 2-м и 3-м проходах. Первый проход предназначался для выравнивания высоты проката и имитировал обжимной калибр (в режимах с уменьшением и возрастанием обжатий). Четвертый проход являлся чистовым. Во всех проходах имели место высокие и средние очаги деформации ($l_d/h_{cp} = 0,7...1,8$) характерные для сортовой прокатки.

Прокатка проводилась при трех температурах начала прокатки: 1200 °С, 1100 °С и 1000 °С. По каждому режиму прокатывалось 3 образца. Фиксировались: температура образца перед каждым проходом, сила прокатки по проходам, момент прокатки на верхнем и нижнем валках. Для всех образцов были проведены испытания на растяжение и ударный изгиб. На рис. 2 приведены гистограммы сравнения средних значений показателей прочности и пластичности для рассмотренных выше режимов прокатки.

При температуре начала прокатки 1200 °С применение различных режимов деформации не оказывает существенного влияния на пределы текучести, прочности и ударную вязкость, но позволяет повысить показатель относительного удлинения. При температурах начала прокатки 1100 °С и 1000 °С изменение режима приводит к увеличению значений показателей прочности и пластичности. Наибольшие значения пределов текучести и прочности получены при $T_{нп} = 1000$ °С и возрастающем режиме деформаций. Максимальные значения ударной вязкости получены при $T_{нп} = 1100$ °С и возрастающем режиме деформаций.

В табл. 2 приведено сравнение максимальных и средних значений механических свойств с базовым режимом. В качестве базового был принят наиболее распространенный в настоящее время на отечественных предприятиях режим прокатки: с уменьшением деформаций и температурой начала прокатки 1200 °С. Исследо-

Таблица 1

Распределение деформации по проходам

Режим деформации	Степень деформации, %				Зазор между валками, мм			
	1-й пр.	2-й пр.	3-й пр.	4-й пр.	1-й пр.	2-й пр.	3-й пр.	4-й пр.
С уменьшением обжатий	30	30	10	10	17	12	10	9
С возрастанием обжатий	30	10	30	10	17	15	10	9
С равными обжатиями	10	30	30	10	22	15	10	9

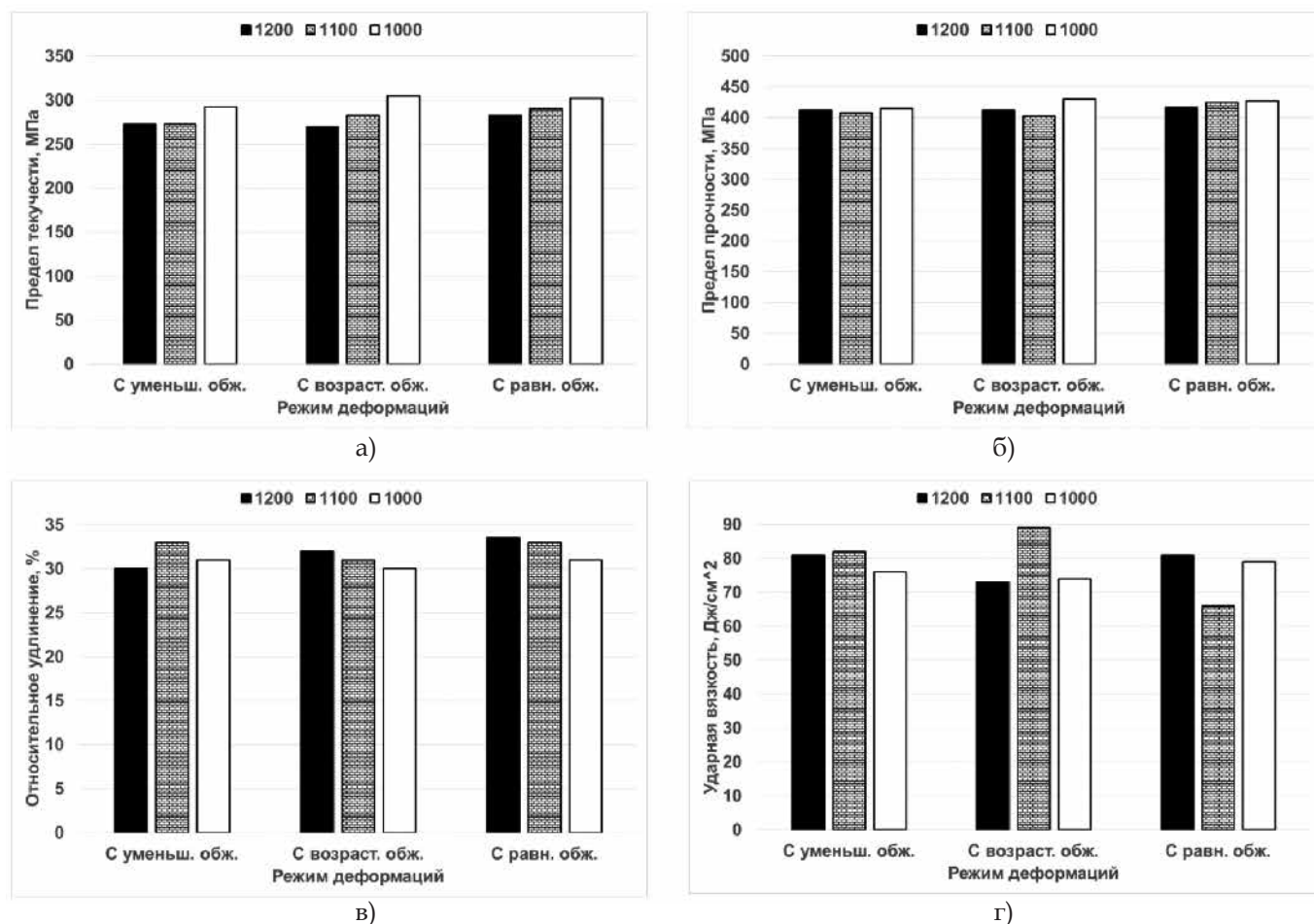


Рис. 2. Сравнение средних значений механических свойств:

а – предел текучести; б – предел прочности; в – относительное удлинение; г – ударная вязкость

Таблица 2

Сравнение полученных значений механических свойств

Показатели режимов	Предел текучести, МПа	Предел прочности, МПа	Относительное удлинение, %	Ударная вязкость, Дж/см ²
Максимальные значения				
Базовый режим	275	415	31	81
Экспериментальные режимы	310	435	34	89
Разность между экспериментальными и базовым режимами	35	20	3	8
Средние значения				
Базовый режим	273	413	30	81
Экспериментальные режимы	305	430	34	89
Разность между экспериментальными и базовым режимами	32	17	4	8

ванные режимы показали возможность повышения показателей прочности на 4...13 % и показателей пластичности на 10...13 %, по сравнению с базовым.

Полученные результаты могут быть реализованы в условиях существующих производств без существенного изменения технологий и оборудования путем внедрения технологий прокатки заготовок с пониженной температурой нагрева.

Выводы

Проведены экспериментальные исследования влияния температурно-деформационных режимов прокатки заготовок из стали Ст3пс на механические свойства проката. Применение различных сочетаний температур начала прокатки и режимов деформации в лабораторных условиях позволяет повысить значения показателей прочности на 4...13 % и показателей пластичности на 10...13 %.

Библиографический список

1. Большаков В. И. Термическая и термомеханическая обработка строительных сталей / В. И. Большаков, В. Н. Рычагов, В. К. Флоров. – Днепропетровск: Січ, 1994. – 232 с.
2. Бергеман Г. В. Способы повышения механических свойств фасонных профилей из углеродистых сталей обыкновенного качества / Г. В. Бергеман // Пластическая деформация металлов: коллективная монография. – Днепропетровск: Акцент ПП, 2014. – С. 56–65.
3. Тарасевич Ю. Ф. Формирование структуры и свойств заготовок и проката черных металлов / Ю. Ф. Тарасевич // Итоги науки и техники. Серия: Прокатное и волочильное производство. Т. 13. – М.: ВИНТИ, 1985. – С. 69–135.
4. Рудской А. И. Термомеханическая обработка сортового проката в потоке прокатных станов / А. И. Рудской, Г. Е. Коджаспиров // Пластическая деформация металлов: коллективная монография. – Днепропетровск: Акцент ПП, 2014. – С. 56–65.
5. Влияние режимов контролируемой прокатки на структуру и механические свойства стали / В. П. Полухин, М. Л. Бернштейн, В. А. Пешков [и др.] // Сталь. – 1983. – № 9. – С. 68–71.
6. Погоржельский В. И. Контролируемая прокатка непрерывнолитого металла / В. И. Погоржельский, Д. А. Литвиненко, Ю. И. Матросов, А. В. Иваницкий. – М.: Металлургия, 1979. – 184 с.
7. Минаев А. А. Контролируемая прокатка сортовой стали / А. А. Минаев, С. В. Устименко. – М.: Металлургия, 1990. – 176 с.
8. Применение планируемого эксперимента при исследовании контролируемой прокатки угловой стали / В. А. Боровских, Г. Н. Мулько, Н. Г. Савиных [и др.] // Сталь. – 1981. – № 9. – С. 54–55.

Поступила 11.12.2015

