ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Нухова Даниса Шамильевича «Теоретическое исследование и научное обоснование новых способов кузнечной протяжки и прокатки высоких заготовок в условиях интенсивной знакопеременной деформации», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.05 – Обработка металлов давлением

Актуальность темы исследований

В России производство толстого листа осуществляется на трех станах 5000 ОАО «Северсталь», ОАО «Выксунский металлургический завод», ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат». Продукция этих предприятий используется в судостроении, при строительстве мостов, в машиностроении, но большая часть продукции предназначена для производства труб большого диаметра для магистральных нефте- и газопроводов. Недостатком способа прокатки в реверсивной клети стана «5000» является неравномерность распределения деформации металла по высоте заготовки, вследствие чего в осевой зоне сляба литая структура плохо прорабатывается. Кроме того, существующая технология многопроходной прокатки высоких слябов способствует возникновению строчечного расположения неметаллических включений и ликватов, что приводит к анизотропии пластических и прочностных свойств и к снижению прочностных характеристик изделий проката в поперечном направлении по отношению к дефектам.

Диссертационная работа Д.Ш. Нухова направлена на исследование и разработку технического решения модернизации процесса прокатки с целью обеспечения равномерного распределения накопленной деформации в объеме заготовки. Перспективным является развитие идеи разработки новых схем деформации заготовки с размерами, приближенными к размерам готовой продукции путем применения интенсивной знакопеременной деформации.

Исходя из изложенного, диссертация, направленная на научное обоснование технологической схемы прокатки, обеспечивающие повышение степени и однородности деформации в объеме высокой заготовки является, несомненно, актуальной.

Анализ содержания работы

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованных литературных источников из 95 наименований, изложена на 142 страницах машинописного текста.

Во введении раскрыта актуальность работы, обоснована цель, сформулированы задачи, научная новизна и практическая значимость диссертационной работы.

В первой главе, на основе опубликованных результатов исследований, проанализирована технология производства толстолистового проката на стане 5000 ОАО «ММК», определены пути снижения неравномерности деформации при черновой прокатке и дано описание способов обработки металлов давлением, способствующие получению металлоизделий с однородной ультрамелкозернистой структурой.

Во второй главе разработан и всесторонне изучен способ протяжки слитков с интенсивной знакопеременной деформацией с сохранением формы и размеров заготовки. В результате проведенного анализа формоизменения и деформированного состояния металла в предложенном способе ковки даны рекомендации для определения рациональных размеров штампа, которые найдены из условия полного заполнения металла углублений штампа, а также обеспечения однородности деформации в объеме заготовки при минимальном обжатии. Получены соотношения параметров очага деформации, позволяющие при протяжке заготовки осуществить интенсивную знакопеременную деформацию.

В третьей главе с помощью программных комплексов DEFORM-3D и Q-FORM установлены количественные характеристики неравномерности деформации по высоте проката в зависимости от калибровки инструмента и режимов прокатки на стане 5000. Установлено, что в первых проходах при прокатке высоких слябов ($l/h_{ср} \approx 0,5$) в валках с гладкой бочкой имеет место

значительное различие степени деформации: степень деформации на контакте с валком в 2,5 раза больше, чем на плоскости симметрии. Коэффициент вариации $S/\overline{\varepsilon_u}$, характеризующий степень неоднородности деформации, имеет значения >0,3. Для решения задачи повышения степени и показателя однородности деформации при прокатке высоких заготовок предложены способы прокатки рациональная калибровка валков, обеспечивающие интенсивную знакопеременную деформацию при минимальных изменениях размеров заготовки. Разработана и научно обоснована методика расчета рациональной калибровки валков из условия достижения максимальной амплитуды и однородности знакопеременной деформации по высоте проката при минимальном обжатии за проход.

По результатам решения задач МКЭ-моделирования было установлено, что прокатка сляба по новому способу в два прохода обеспечит повышение качества проката за счет инициирования интенсивной знакопеременной деформации в очаге деформации. Проведенные исследования показали, что усовершенствование существующего процесса продольной прокатки листа позволяет разработать технологические схемы проката с применением непрерывно-литой заготовки уменьшенных размеров, обеспечивая требуемую деформационную проработку литой структуры, высокое значение показателя однородности деформации по высоте толстого листа, уменьшение энерго- и трудозатрат на производство продукции.

В четвертой главе была предложена новая технологическая схема прокатки толстого листа для условий ЛПЦ-9 ОАО «ММК».

На основе этой схемы прокатки заготовки разрабатывался технологический режим прокатки с обеспечением в первых двух черновых проходах знакопеременной деформации непрерывно-литого сляба уменьшенных размеров. В основе расчетов был принят технологический режим прокатки на стане 5000 ОАО «ММК» для листов размерами 15,0х4378х11800мм из стали категории прочности К60 по ТУ 14-1-5574-2009. В результате проведенных расчетов было установлено, что прокатка сляба размерами 160х2500х4200 мм, по новой схеме, позволит получить раскат размерами 15,0х4504,5х24862,3 мм за 23 прохода (8 черновых и 15 чистовых

проходов). Предлагаемая схема прокатки, по сравнению с существующей, позволяет снизить количество черновых проходов с одиннадцати до восьми.

На основе результатов решения задач МКЭ-моделирования установлено, что внедрение нового технологического режима прокатки позволит обеспечить проникновение деформации в осевую зону проката: суммарная степень деформации ε_u в осевой зоне в 1,15-1,2 раза выше, чем по существующему режиму прокатки толстого листа, а однородность деформации по сечению повысить в 6 раз. Реализация технологического режима прокатки обеспечивает снижение суммарных усилий черновой прокатки в 1,8 раза, а работы (энергии) прокатки на выполнение черновых проходов – в 2 раза.

Оценивая содержание диссертации в целом, следует отметить, что материал исследования изложен в правильной логической последовательности и достаточно полно раскрывает этапы научно-исследовательской работы от постановки задач до выбора рекомендаций по использованию результатов исследований.

Новизна и обоснованность научных положений и результатов диссертации

К основным результатам диссертации, обладающим существенной научной новизной относятся следующие разработки:

– получила развитие идея разработки технологических процессов деформации заготовок с размерами близкими к размерам готовой продукции путем обеспечения интенсивной знакопеременной деформации, а также показана возможность осуществления процессов протяжки и прокатки в условиях интенсивной знакопеременной деформации, обеспечивающая увеличение степени и однородности деформации по высоте литого сляба.

– предложен показатель неоднородности накопленной степени деформации в объеме заготовки, в виде коэффициента вариации $S/\overline{\varepsilon_u}$, удобный для анализа и прогнозирования качества структуры при прокатке;

– установлены закономерности формоизменения и изменения деформированного состояния заготовок при новом способе ковки в бойках с профилированной и гладкой поверхностью;

– определены условия ковки и прокатки, при которых проявляются знакопеременная деформация заготовок, повышается степень деформации на плоскости симметрии по сравнению с существующими технологическими процессами.

Практическая значимость

Практическая значимость работы состоит в том, что по результатам проведенных исследований автором предложено техническое решение по конструкции нового инструмента деформации и технологии ковки литых слитков без изменения формы и размеров заготовки.

Методика расчета рациональной калибровки валков разработана из условия достижения максимальной амплитуды и однородности знакопеременной деформации по высоте проката при минимальном обжатии за проход, является глубоко обоснованной, а, следовательно, позволит получить точные результаты расчетов.

Автором предложены новая схема и режимы прокатки толстолистовой стали на стане 5000 ОАО «ММК». Проведенный комплексный анализ разработанных режимов прокатки, полученный в результате МКЭ-моделирования черновых проходов прокатки в программе «DEFORM-3D», показал практическую значимость результатов исследований: реализация нового технологического режима позволяет обеспечить проникновение деформации в осевую зону проката: суммарная степень деформации $\varepsilon_{\sum u}$ в осевой зоне в 1,15-1,2 раза выше, чем по существующему режиму прокатки толстого листа, а показатель неоднородности деформации по сечению снижается в 6 раз, при этом общее число черновых проходов по сравнению с существующей схемой прокатки уменьшается с одиннадцати до восьми. Анализ энерого-силовых параметров черновой прокатки заготовки по двум схемам показал, что предложенный технологический режим прокатки обеспечивает снижение энерго- и трудозатрат при производстве листа на стане 5000 ОАО «ММК»: суммарное усилие черновой прокатки снижается в 1,8 раза, а работа (энергия) прокатки на выполнение черновых проходов – в 2 раза.

Достоверность научных результатов

Достоверность полученных в диссертации результатов подтверждается применением современных методик теоретического исследования формоизменения металла и энергосиловых параметров процессов ковки и прокатки, основанных на использовании метода конечных элементов, сопоставлением полученных результатов с положениями современного физического материаловедения, механики обработки металлов давлением, а также с известными экспериментальными и теоретическими результатами, полученными ведущими учеными в металлургии.

Критические замечания

1. В диссертации исследуется способ знакопеременной деформации, реализуемый при прокатке сляба в два прохода, сначала в валках с профилированной, а затем с гладкой бочкой рабочих валков. При этом очень важно определить распределение напряжений и деформаций в поверхностных слоях сляба, а также по его высоте по мере внедрения буртов валков в металл. Это связано с тем, что при внедрении бурта в сляб происходит утяжка его поверхностных слоев, что может из-за возникновения растягивающих напряжений привести к появлению трещин. Кроме того, в диссертации сделан вывод о том, что неравномерность распределения деформации по толщине проката является причиной растягивающих напряжений в центральных слоях полосы и к, как следствие, возникновения дефектов. Также отмечается, что знакопеременная деформация заготовки в условиях действия сжимающих напряжений будет способствовать проработке структуры металла в объеме сляба. Однако в диссертации с использованием программного комплекса DEFORM проведено исследование только деформированного состояния металла при толстолистовой прокатке. Таким образом, для обоснования нового способа знакопеременной пластической деформации толстолистового проката необходимо определить уровень и закономерности распределения нормальных и касательных напряжений вы очагах деформации и по высоте сляба по мере внедрения буртов в металл, что позволит научно обосновать условие

появления знакопеременной деформации и оценить проработку литой структуры металла и качество толстолистового проката.

2. Для реализации новой схемы толстолистовой прокатки необходимо в линию с реверсивной клетью кварто дополнительно установить две универсальные клети дуо. Внедрение этой схемы потребует большие капитальные затраты, поскольку следует изготовить две габаритные универсальные клети. Таким образам, без обоснованного доказательства эффективности новой схемы прокатки и технико-экономических расчетов целесообразность внедрения новой схемы вызывает сомнения
3. В диссертации сделан вывод о том, что режим прокатки по новой схеме позволит сократить количество черновых проходов с 11 до 8, что обеспечивает снижение энергозатрат на получение готовой продукции. Однако сравнительный анализ новой и существующей схем толстолистовой прокатки проведен не совсем корректно, поскольку для новой схемы толщина исходного сляба принята равно 160 мм, а для существующей схем – 300 мм. Естественно, что уменьшение обжатий по проходам в новой схеме прокатки приведет к снижению усилий деформаций и энергозатрат. Использование в новой схеме исходного сляба толщиной 160 мм вместо 300 мм приведет к существенному снижению производительности стана. Это не рассматривалось в работе.
4. Изложенное выше касается сравнительного анализа схем прокатки по распределению степени деформации по высоте полосы: понятно, что при обжатии сляба толщиной 160 мм деформация по высоте будет более равномерна распределена, чем при деформации слаба толщиной 300 мм.

Оформление диссертации. Публикации по работе

Диссертация написана достаточно грамотно и весьма аккуратно оформлена в соответствии с ГОСТ Р 7.0.11-2011 и с применением современных программных средств. Она хорошо иллюстрирована схемами, графиками и рисунками. Отдельные опечатки и описки не препятствуют пониманию излагаемого материала.

Материалы диссертации достаточно опубликованы в научной печати и обсуждены на научных конференциях различного уровня.

Автореферат соответствует содержанию диссертации.

Материалы, изложенные в работе, соответствуют паспорту специальности 05.16.05 – Обработка металлов давлением.

Заключение

Указанные выше замечания не снижают научной и практической ценности результатов представленной диссертации и не оказывают существенного влияния на общую положительную оценку выполненной диссертационной работы.

Материалы диссертации, по мнению оппонента, достоверны, достаточно апробированы и опубликованы в научной печати. Содержание работы соответствует специальности 05.16.05 – Обработка металлов давлением.

Как научная квалификационная работа она соответствует требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Автор диссертации, Нухов Данис Шамильевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.05 – Обработка металлов давлением.

Официальный оппонент,
доктор технических наук, профессор,
профессор кафедры «Автомобили и
подъемно-транспортные машины»
ФГАОУ ВПО «Российский государственный
профессионально-педагогический университет Олег Степанович Лехов

02.12.2015

Подпись О.С. Лехова заверяю.
Ученый секретарь Ученого совета
университета Кириллова М.М.

Россия, 620012, Екатеринбург, ул. Машиностроителей, д. 11,
8(343)338-44-47, MXLehov38@yandex.ru, ФГАОУ ВПО «Российский государственный профессионально педагогический университет»