

## **АННОТАЦИЯ**

диссертации на соискание ученой степени доктора философии PhD  
по специальности 6D070900 – «Металлургия»

**Азбанбаев Эльдар Муратович**

### **Исследование и разработка технологии производства металлов с наноструктурой и высокими механическими свойствами при прокатке в валках с обратной конусностью**

#### **Актуальность исследования.**

В настоящее время материалы с нано- и ультрамелкозернистой структурой, полученные интенсивной пластической деформацией (ИПД), привлекают особое внимание со стороны научного сообщества и промышленности. Интерес к таким материалам, которые отличаются от традиционных повышенными механическими свойствами (предел прочности, твердость, относительное удлинение и др.) связан не только с их свойствами, но и возможностью с помощью ИПД технологий получать нано- и ультрамелкозернистую структуру в объемных материалах.

Прокатка является перспективным способом производства объемных ультрамелкозернистых (УМЗ) и наноструктурных (НС) материалов при относительно низких гомологических температурах. При асимметричной прокатке интенсивный сдвиг происходит в одном направлении. На данный момент не существует процесса деформации в двух или более направлениях, позволяющий производить длинномерные изделия с УМЗ и НС.

Поскольку, для получения в материалах УМЗ и НС требуется увеличение частной степени деформации свыше 50%, то возникает опасность проявления трещин и разрывов, выход из строя оборудования, вследствие высоких усилий деформирования и проявления текстуры деформации. В этой связи, разработка процессов интенсивного пластического деформирования без заметного увеличения нагрузки и исключают однонаправленное течение материала является актуальной задачей.

**Цель работы** – разработка технологии прокатки в валках с обратной конусностью и ее экспериментальное исследование для получения ультрамелкозернистых и наноструктурных металлов.

**Задачи исследования.** Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- анализ существующих способов получения УМЗ и НС материалов;
- исследование напряженно-деформированного состояния полосы и математическое моделирование прокатки в валках с обратной конусностью для разработки конструкции инструмента, обеспечивающего максимальную эффективность процесса обработки;
- определение удельного давления и полного усилия ПВОК;
- установление зависимости размера зерен и угла разориентировки их границ от параметров процесса ПВОК;

- разработка математической модели формирования механических свойств низкоуглеродистой стали в зависимости от параметров ПВОК;
- разработка технологии и инструмента для деформационного получения нано- и УМЗ структуры низкоуглеродистой стали.

**Научная новизна.** Впервые получены следующие результаты:

- установлено отношение наибольшего диаметра валков к наименьшему  $D/d=1,5$ , при котором увеличивается интенсивность сдвиговых деформаций в 1,5 – 2 раза, чем при асимметричной и традиционной прокатке соответственно;
- определена суммарная степень деформации 50-60% при ПВОК, позволяющая получать заготовки из низкоуглеродистой стали с пределом прочности 585 МПа, что в 1,5 раза выше, чем при обычной прокатке;
- установлено отношение диаметров валков  $D/d=1,5$ , позволяющее снизить коэффициент Лэнкфорда в 1,5 раза и приблизить его максимально к единице, т.е. устранить анизотропию прочностных свойств низкоуглеродистой стали в отличие от обычной прокатки;
- установлено, что при температуре начала деформации 900 °С и отношении  $D/d=1,5$ , а также суммарной степени деформации 50% получаемая структура содержит зерна размерами от 92 до 200 нм в приповерхностной и центральной частях заготовок, а микротвердость возрастает со 1284 МПа до 2305 МПа;

**Практическая ценность.** На основании полученных в диссертации результатов:

- в учебный процесс бакалавриата и магистратуры специальности 5В070900 «Металлургия» и 6М070900 «Металлургия» внедрены основные теоретические положения и результаты исследований, связанные с решением научной проблемы;
- разработана, опробована в промышленных условиях и предложена к использованию конструкция валков и технология прокатки для производства заготовок низкоуглеродистой стали с высокими механическими свойствами, нано- и УМЗ структурой.

**Положения, выносимые на защиту:**

- выявлены геометрические факторы и технологические условия, влияющие на напряженно-деформированное состояние и усилие деформирования при прокатке в валках с обратной конусностью;
- выведена зависимость формирования нано- и УМЗ структуры, а также высокоугловых границ зерен низкоуглеродистой стали от параметров прокатки в валках с обратной конусностью.

**Достоверность и обоснованность** научных результатов, изложенных в диссертации, подтверждаются:

- положительными результатами промышленной апробации разработанной конструкции инструмента и технологии прокатки в условиях АО «АрселорМиттал Темиртау»;
- высокой корреляцией результатов теоретических и экспериментальных исследований.

**Реализация работы.** Разработанный технологический процесс прошел промышленные испытания на АО «АрселорМиттал Темиртау» (г. Темиртау) Технологические режимы прокатки приняты при выполнении производственной программы предприятия.

Основные положения диссертационной работы доложены и обсуждены на 5 международных научно-практических конференциях.

По результатам работы опубликованы 4 статьи в журналах, рекомендованных ККСОН (1 статья – «Вестник КазНТУ», Алматы, Казахстан, ИФ КазБЦ – 0,078; 3 статьи – «Труды университета», Караганда, Казахстан, ИФ КазБЦ – 0,062) и 1 статья в журнале, входящем в базы данных информационных агентств Thomson Reuters и Scopus («Metalurgija», Загреб, Хорватия, ИФ – 0,77), а также получены 2 инновационных патента РК.

**Объем и структура диссертации:** диссертация состоит из содержания, списка обозначений и сокращений, введения, основной части из 4 глав, заключения, приложений. Объем диссертации составляет 124 страниц машинописного текста, содержит 71 рисунок, 23 таблицы, список использованных источников, включающий 121 наименование.