

10. Smirnov O.M., Tulupov S.A., Tsepin M.A., Lisunets N.L., Begnarsky V.V., Nguyen Truong An. Rheologic models as a core element of metal forming simulation. *Vestnik Magnitogorskogo Gosudarstvennogo Tekhnicheskogo Universiteta im. G.I. Nosova* [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University]. 2008, no. 3, pp. 45–52.
11. Miklyaev P.G., Dudenkov V.M. *Soprotivlenie deformatsii i plastichnost' alyuminiyevykh splavov* [Deformation resistance and formability of aluminum alloys]. Moscow: Metallurgiya, 1973, 183 p.

Методология модернизации технологии горячей объемной штамповки алюминиевых сплавов методом компьютерного моделирования / Константинов И.Л., Губанов И. Ю., Клеменкова Д.В., Астрашабов И.О., Сидельников С.Б., Горохов Ю.В. // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2016. Т. 14. №1. С. 46–52. doi:10.18503/1995-2732-2016-14-1-46-52

Konstantinov I.L., Gubanov I.Yu., Klemenkova D.V., Astrashabov I.O., Sidelnikov S.B., Gorokhov Yu.V. Computer-simulated upgrading procedures of the hot aluminum-alloy forging process technology. *Vestnik Magnitogorskogo Gosudarstvennogo Tekhnicheskogo Universiteta im. G.I. Nosova* [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University]. 2016, vol. 14, no. 1, pp. 46–52. doi:10.18503/1995-2732-2016-14-1-46-52

УДК 621.771

DOI:10.18503/1995-2732-2016-14-1-52-59

РАЗРАБОТКА ИМПОРТОЗАМЕЩАЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ДЮБЕЛЬ-ГВОЗДЕЙ НА ОСНОВЕ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ*

Бирюков М.А.¹, Песин А.М.², Чукин М.В.², Картунов А.Д.³, Бакшинов В.А.³, Бирюков А.В.³

¹ ОАО «ММК», Магнитогорск, Россия

² Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, Магнитогорск, Россия

³ ОАО «ММК-Метиз», Магнитогорск, Россия

Аннотация. В работе рассмотрены вопросы совершенствования технологии получения баллистического острия дюбель-гвоздей на основе математического моделирования и разработки новых конструкций инструмента и изделий новой формы. Найден рациональные параметры инструмента для производства дюбелей с рифленой поверхностью стержня. Представлены распределения интенсивностей скоростей деформации, а также нормальные напряжения в поперечных сечениях острия накатываемого дюбеля по длине очага деформации для незавершенного процесса прокатки. Получено изменение усилий инструмента при накатке дюбеля в направлении вертикальной оси по длине деформирующей зоны. Характер изменения усилий от времени на обеих плашках говорит о равномерности процесса острения заготовки. Проведены опытно-промышленные эксперименты по производству дюбелей с гладкой поверхностью стержня, выведены рациональные параметры инструмента для поперечно-клиновой прокатки. Показана возможность импортозамещения строительных распорных дюбелей (анкеров), конструкции которых основаны на фиксации изделия в заранее просверленном отверстии в бетонной конструкции. Рассмотрена схема и предложена новая конструкция инструмента ролик – сегмент. Инструмент предназначен для одновременного накатывания резьбы и профилирования поверхности. Конструкция состоит из ролика и сегмента, каждый из которых выполнен в виде резьбовой и профилирующей поверхности. Новизна конструкции заключается в том, что профилирующая поверхность ролика выполнена с несколькими, а профилирующая поверхность сегмента с одной рабочими частями, включающими изготовленные эксцентрично оси инструмента заборную и деформирующую зоны, а также изготовленную соосно оси инструмента калибрующую зону, с профилем, повторяющим контур готового изделия. Применение инструмента ролик-сегмент также позволяет повысить производительность процесса острения дюбель-гвоздей в сравнении с накаткой плоскими плитами. Поданы 4 заявки на полезные модели.

Ключевые слова: импортозамещение, дюбель, моделирование, программный комплекс «DEFORM 3D», поперечно-клиновая прокатка, монтажные пистолеты.

Введение

Адаптация предприятия к условиям современного рынка определяет его конкурентоспособность. Используемое оборудование и применяемый технологический процесс унифицированы и защищены авторскими свидетельствами.

* Статья по материалам доклада на международной молодежной научно-технической конференции «Инновационные процессы обработки металлов давлением: фундаментальные вопросы связи науки и производства», состоявшейся 15–17 июня 2015 г. в ФГБОУ ВПО «МГТУ» (г. Магнитогорск) при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект РФФИ № 15-38-10185). © Бирюков М.А., Песин А.М., Чукин М.В., Картунов А.Д., Бакшинов В.А., Бирюков А.В., 2016

Сегодня, в частности, на рынке метизной продукции имеются тысячи различных видов изделий, в том числе поставляемые из-за рубежа, не имеющие аналогов российского производства. Очевидно, что на стоимость продукции иностранных фирм оказывают влияние транспортные операции, изменения курсов валют, что должно положительно сказываться на реализации продукции российского производства на внутреннем рынке. Таким образом, на сегодняшний день у российских производителей появилась возможность импортозамещения отдельных видов крепежа, в част-

ности дюбель-гвоздей (дюбелей), распорных дюбелей (анкеров) с использованием существующего оборудования ОАО «ММК-Метиз».

Анализ и сравнение способов получения баллистического острия дюбель-гвоздей

В настоящее время широкое развитие в строительстве получила технология прямого монтажа (ТПМ) строительных конструкций к бетонным, железобетонным основаниям, кирпичу, конструкционной стали (с пределом текучести до 450 МПа) без предварительного засверливания и подключения к энергоисточникам. Таким образом, ТПМ является высокоэффективным решением множества задач – от крепления ограждений и опалубки до монтажа профилей и реек, подвесных систем и инженерных коммуникаций. Технология прямого монтажа позволяет поднять производительность при креплении строительных узлов и деталей. При применении автоматических монтажных пистолетов скорость крепления увеличивается до 700 точек в час [1]. Основным элементом данной технологии является развитие и совершенствование конструкции монтажных пистолетов различного назначения мощности и производительности. Расширяется присутствие на рынке ведущих мировых производителей монтажных пистолетов – «Trusty» (Тайвань), TOUA (Китай), «SPIT» (Франция).

Основной объем дюбелей для ручной забивки, а также для забивки при помощи поршневых пороховых монтажных пистолетов неавтоматического действия в России на сегодняшний день производится на предприятии ОАО «ММК-Метиз». Широкое развитие на рынке получают клеенные в обоймы дюбель-гвозди для автоматических пороховых пистолетов. На российском рынке дюбельной продукции присутствуют представители Китая, Германии, Тайваня, Америки. Наиболее развито производство дюбельной техники в Европе: «FISCHER» (Германия) и «HILTI» (Лихтенштейн), «TOX» (Германия), «KEW» (Германия).

В настоящий момент в ММК-Метиз производятся дюбеля методом поперечно-клиновой прокатки с рифлением стержня и шайбой, применяемые для пороховых монтажных пистолетов старой конструкции (типа ПЦ-84, снимаемых с производства). Технологическая цепочка производства дюбель-гвоздей в ОАО «ММК-Метиз» включает в себя операции волочения проволоки, термообработки, высадки и редуци-

рования концевой части изделия, процесс острения заготовки, термическое упрочнение (для достижения необходимого уровня механических свойств), нанесение защитных покрытий, насадка шайбы.

Иностранцами производителями используются следующие способы получения баллистического острия дюбель-гвоздей [2]: ротационная ковка и фрезерование. Их отличительные черты:

- низкая производительность (до 50–60 изделий в минуту);
- высокий износ и стоимость инструмента;
- длинная технологическая цепочка (для получения баллистического острия требуется несколько единиц оборудования).

Как следствие, высокая себестоимость процесса острения.

Что касается предприятия ММК-Метиз, то изначально здесь применялись механические способы формирования острия дюбеля – фрезерование на автомате 6290ДМ. Данные операции характеризуются следующими отличительными чертами:

- низкая производительность;
- высокая стоимость инструмента;
- разогрев инструмента может привести к поломкам и простоям.

Сегодня для производства дюбелей используется более производительный процесс поперечно-клиновой прокатки. Инструмент, а также оборудование (автомат-комбайн А1918М) показаны на **рис. 1**.

По сравнению с вышеизложенными процессами, поперечно-клиновая прокатка имеет ряд преимуществ:

- производительность – фактически можно получать до 140 дюбелей в минуту;
- ресурсосбережение (коэффициент использования металла близок к единице, малый состав оборудования – сокращение трудоемкости последующих операций);
- благоприятное напряженно-деформированное состояние при накатке острия дюбеля, что особенно актуально для конструкционных сталей типа стали 70, из которой и производят высококачественную дюбельную продукцию;
- высокая стойкость инструмента;
- высокая точность изготовления острия по сравнению с другими способами производства;
- высокая рентабельность изделия за счет низкой себестоимости;
- снижение капитальных затрат на ремонт и обслуживание.

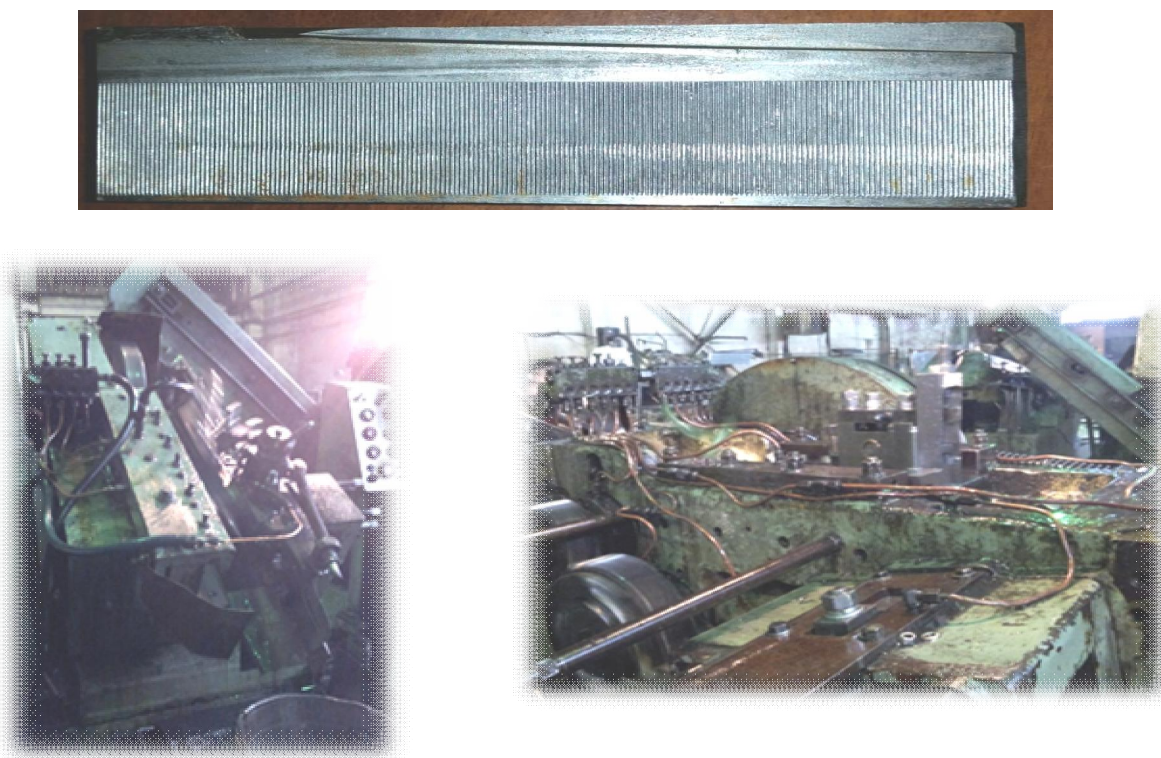


Рис. 1. Инструмент и оборудование для накатки баллистического острия дюбеля

Таким образом, сопоставляя разные способы производства дюбелей, можно сделать вывод о том, что наиболее рациональным и производительным процессом является поперечно-клиновое прокатание.

Как было отмечено ранее, широкое развитие на рынке получают склеенные в обоймы дюбель-гвозди для автоматических пороховых пистолетов. В то же время для импортозамещения необходимо освоение производства дюбелей типа «Coil nails» по бетону для пневматических пистолетов. Применение данных типов пистолетов существенно упрощает монтажные работы, снижая себестоимость строительных работ. Освоение гладких (для улучшения входимости в бетон) дюбелей методом поперечно – клиновой прокатки позволит существенно расширить рынок сбыта, организовать производство импортозамещающих видов продукции. Широко применяются в строительстве распорные дюбеля (анкера), конструкция которых основана на фиксации изделия в заранее просверленном отверстии в бетонной конструкции за счёт распора металлической трубки (обечайки) на конусной части изделия при его извлечении из отверстия. На текущий момент основная доля поставок таких изделий на наш рынок осуществляется иностранными фирмами. Встает вопрос импортозамещения. В настоящий момент проведен анализ суще-

ствующих способов производства таких изделий, идет подбор материалов для оценки процесса прокатки на существующем оборудовании ОАО «ММК-Метиз», планируется постановка опытно-промышленных экспериментов, поданы 4 заявки на патенты РФ.

Создание и исследование математической модели поперечно-клиновой прокатки

Фундаментальные основы процесса получения баллистического острия методом поперечно-клиновой прокатки были разработаны коллективом ученых: Манин В.П., Поварич В.В. и др [3]. В дальнейшем конструкция деформирующего клина была усовершенствована в работе Бирюкова А.В., Центнера Г.А. и др [4]. Сегодня совершенствование инструмента для поперечно-клиновой прокатки предлагается осуществлять с применением программы «DEFORM 3D» для расчёта напряжённо-деформированного состояния металла в очаге деформации при прокатке заготовки деформирующими клиньями.

Таким образом, целью данного исследования является совершенствование технологии получения баллистического острия дюбель-гвоздей на основе математического моделирования и разработки новых технических решений в области поперечно-клиновой прокатки, а

также разработка импортозамещающих видов изделий при применении существующего оборудования ОАО «ММК-Метиз».

Задачи исследования:

1. Анализ известных подходов к моделированию и производству дюбелей.
2. Математическое моделирование напряженно-деформированного состояния при поперечно-клиновой прокатке дюбелей с рифленой и гладкой поверхностями.
3. Разработка новых технических решений с целью производства импортозамещающих видов крепежа (дюбель-гвоздь типа «CN», распорный дюбель).

Для решения поставленных задач проводится моделирование процесса поперечной-клиновой прокатки в программном комплексе «DEFORM 3D» с целью нахождения рациональных параметров деформирующих поверхностей клина.

Исходная заготовка подается на заборную зону неподвижного инструмента (рис. 2, а, б). Движущейся (верхней) плашке сообщается поступательное движение со скоростью, соответствующей заранее рассчитанной производительности. Заходные части инструментов внедряются в заготовку с диаметрально проти-

воположных сторон, вызывают ее вращение. В результате на деформирующем участке производится постепенное профилирование заготовки инструментом (рис. 2, в). На заключительной стадии, на стыке деформирующей и калибрующей зон, осуществляется обрыв обсежки и дальнейшее калибрование острия изделия.

При моделировании были приняты следующие допущения:

1. Схема напряженно-деформированного состояния – трёхмерная.
2. Процесс является изотермическим (комнатная температура).
3. Инструмент несжимаемый (абсолютно жёсткий).
4. Деформируемая среда – жесткопластическая.
5. Деформируемый материал – однородный и изотропный во всём объёме.
6. Условие трения на контакте металла с инструментом определяется законом Кулона.
7. Коэффициент трения в очаге деформации постоянный, процесс осуществляется без использования смазывающей жидкости (в производственных условиях применяется масло индустриальное И-20А или И-40А по ГОСТ 20799 [5]).

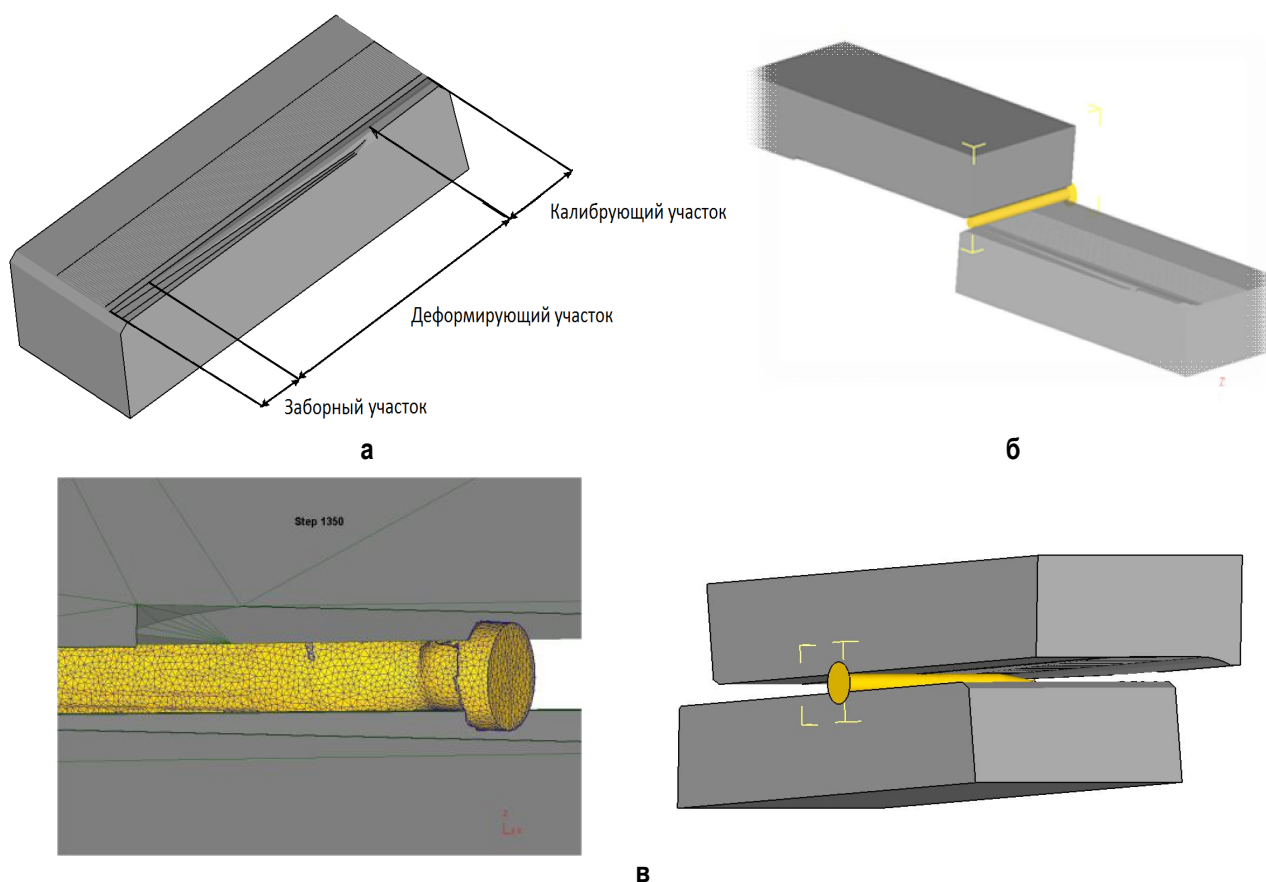


Рис. 2. Моделирование процесса поперечно – клиновой прокатки в программном комплексе «DEFORM 3D»

Численные расчеты проводятся для редуцированной заготовки диаметром 4,5 мм, длиной стержня 60 мм из стали марки AISI-1070 (американский аналог стали 70), начальный предел текучести которой составляет 750 МПа. Скорость инструмента задается в соответствии с производительностью автомата А1918М и соответствует 180 мм/с. Количество элементов в сетке задается различными величинами с целью адаптации модели для получения баллистического острия изделия и составляет от 100 до 150 тысяч. Все элементы были равномерно распределены по объему заготовки.

На рис. 3, 4 представлены некоторые результаты расчета параметров напряженно-деформированного состояния. На этих распределениях последовательно (позиции А, Б, В) показаны поперечные сечения накатываемого дюбеля по длине очага деформации в соответствии со схемой, представленной на рис. 5. У каждого рисунка (позиция Г) представлена численная шкала, позволяющая

определить конкретные величины параметра в различных точках поперечного сечения профиля.

Следует отметить, что соответствующие распределения интенсивностей скоростей деформации, а также нормальных напряжений в поперечных сечениях накатываемого дюбеля по длине очага деформации приведены для незавершенного процесса накатки, когда удастся получить полное заполнение очага деформации без преждевременного обрыва обсежки, налипания элементов сетки заготовки на инструмент вследствие вариации для подбора рациональных параметров процесса накатки. Таким образом, осуществляется процесс адаптации модели к условиям текущего производства в соответствии с особенностями расчета напряженно-деформированного состояния в программном комплексе «DEFORM 3D».

На рис. 6 представлено изменение усилия на накатываемом изделии при поперечно-клиновой прокатке в направлении вертикальной оси по длине деформирующей зоны.

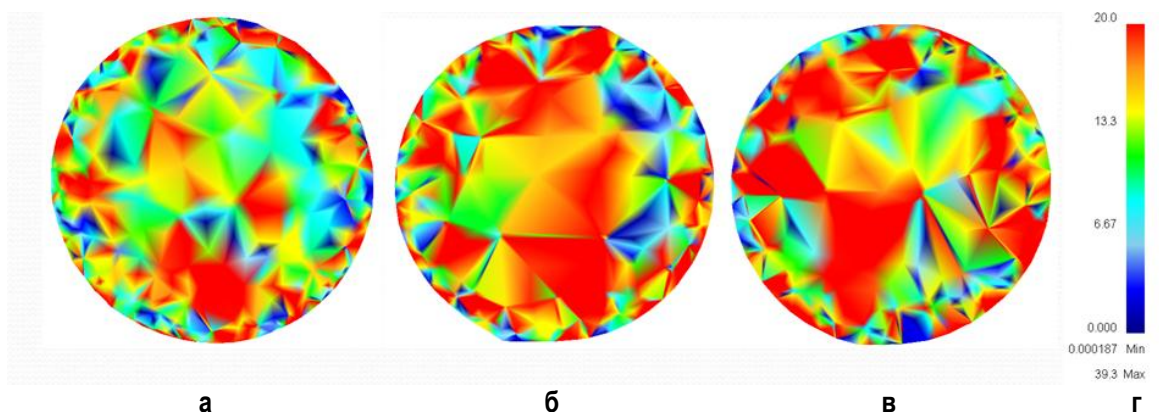


Рис. 3. Интенсивности скоростей деформации в поперечных сечениях накатываемого дюбеля по длине очага деформации при формировании баллистического острия способом поперечно-клиновой прокатки

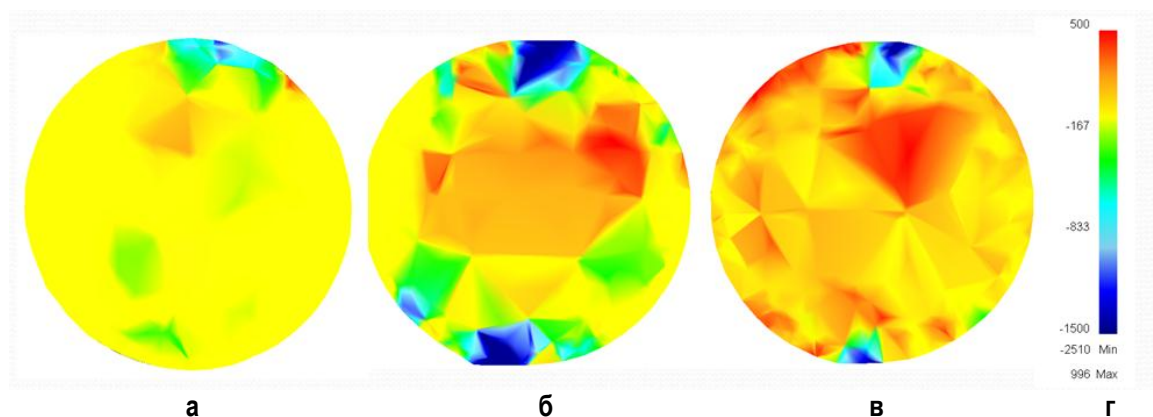


Рис. 4. Нормальные напряжения в поперечных сечениях накатываемого дюбеля по длине очага деформации в направлении продольной оси при формировании баллистического острия способом поперечно-клиновой прокатки

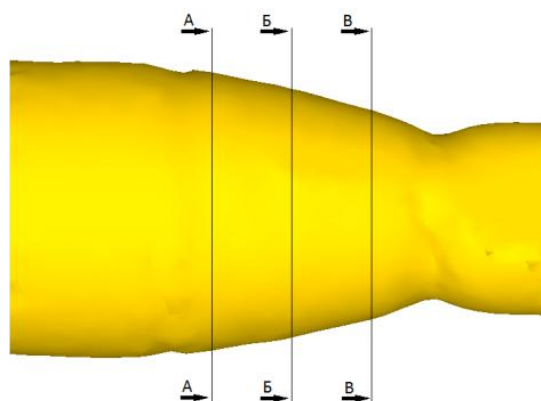


Рис. 5. Схема полученных поперечных сечений накатываемого дюбеля по длине очага деформации

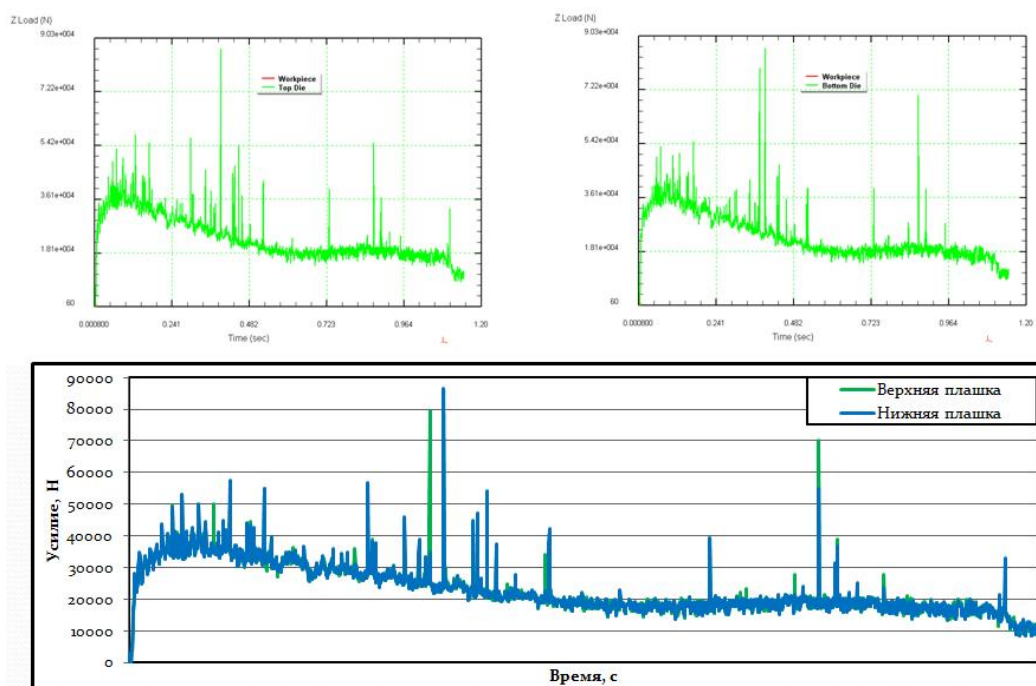


Рис. 6. Изменение усилия на накатываемом изделии при поперечно-клиновой прокатке в направлении вертикальной оси по длине деформирующей зоны

Характер изменения усилий от времени на обеих плашках выражен одинаково, о чем свидетельствует представленное распределение усилия. Наложение усилий, полученных на плашках, говорит о равномерности процесса острения заготовки. Также видна тенденция к снижению усилий, что говорит о перераспределении элементов сетки в обесечку и постепенном равномерном уменьшении диаметра изделия в очаге деформации. Среднее значение для обеих плашек составило 22,8 кН.

Заключение

Опытно-промышленным способом найдены рациональные параметры инструмента для производства дюбелей с рифленой поверхностью

стержня. Модернизировано существующее оборудование для выпуска дюбелей с гладкой поверхностью (тип «CN»).

Предлагаемые способы производства «CN»-дюбелей, используемых в полуавтоматических и автоматических монтажных пистолетах, а также распорного дюбеля, позволят получать импортозамещающие изделия высокого качества с фактической себестоимостью, практически равной себестоимости проволоки, из которой будет изготовлено изделие.

Поданы 4 заявки на полезные модели РФ [6–9]. Опытно-промышленные эксперименты показали адекватность разработанных математических моделей.

Список литературы

1. Технология прямого монтажа. URL: <http://vashdom.ru> (дата обращения: 22.01.2015).
2. Любвин В.И. Обработка металлов радиальным обжатием. М.: Машиностроение, 1975. 248 с.
3. Пат. 1337177 СССР, МПК В21Н 1/18. Способ поперечно-клиновой прокатки участков заострения дюбелей / Никифоров Б.А., Г.В. Бухиник, В.П. Манин, Я.С. Короткин, В.В. Поварич, С.М. Петрик, Е.С. Минеев, Б.М. Ригмант. Опубл. 15.09.1987. Бюл. №34.
4. Патент 1586835 СССР, МПК В21Н 1/18. Инструмент для поперечно-клиновой прокатки / А.В. Бирюков, Г.А. Центнер, О.М. Вальчук, Н.Н. Горин. Опубл. 23.08.1990. Бюл. №31.
5. Манин В.П., Пыхтунова С.В. Совершенствование процесса холодной поперечно-клиновой прокатки: монография. Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2007. 103 с.
6. Заявка на полезную модель № 2015129882. Инструмент для поперечно-клиновой прокатки / Песин А.М., Чукин М.В., Картунов А.Д., Бахшинов В.А., Бирюков М.А., Бирюков А.В. Дата подачи заявки: 20.07.2015.
7. Заявка на полезную модель № 2015129964. Инструмент для поперечно-клиновой прокатки / Песин А.М., Чукин М.В., Картунов А.Д., Бахшинов В.А., Бирюков М.А., Бирюков А.В. Дата подачи заявки: 20.07.2015.
8. Заявка на полезную модель № 2015129966. Инструмент для прокатки изделия на ролике – сегменте / Песин А.М., Чукин М.В., Картунов А.Д., Бахшинов В.А., Бирюков М.А., Бирюков А.В. Дата подачи заявки: 20.07.2015.
9. Заявка на полезную модель № 2015129970. Распорный дюбель / Песин А.М., Чукин М.В., Картунов А.Д., Бахшинов В.А., Бирюков М.А., Бирюков А.В. Дата подачи заявки: 20.07.2015.

Материал поступил в редакцию 18.09.15.

INFORMATION ABOUT THE PAPER IN ENGLISH

DOI:10.18503/1995-2732-2016-14-1-52-59

DEVELOPMENT OF AN IMPORT-SUBSTITUTING TECHNOLOGY OF DOWEL-NAILS PRODUCTION THE BASIS OF NUMERICAL MODELLING WITH THE FINITE-ELEMENT METHOD

Biryukov Maksim Aleksandrovich – Process Engineer, Magnitogorsk Iron and Steel Works Open Joint Stock Company, Magnitogorsk, Russia. E-mail: bigmax174@gmail.com.

Pesin Aleksandr Moiseevich – D.Sc. (Eng.), Professor, Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, Russia. E-mail: pesin@bk.ru.

Chukin Mikhail Vitalevich – D.Sc. (Eng.), Professor, First Vice Rector – Vice Rector for Research and Innovations, Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, Russia.

Kartunov Andrey Dmitrievich – Chief Engineer, “MMK-METIZ” Open Joint Stock Company, Magnitogorsk, Russia.

Bakshinov Vadim Alekseevich – Head of Department, “MMK-METIZ” Open Joint Stock Company, Magnitogorsk, Russia.

Biryukov Aleksandr Viktorovich – Leading Specialist of “MMK-METIZ” Open Joint Stock Company, Magnitogorsk, Russia.

Abstract. This article considers the improvement of a technology of dowel-nail ballistic pointing on the basis of mathematical modeling and the development of new designs of a tool and products with new forms. Rational parameters of a tool used to produce dowels with a grooved rod have been found. The authors have shown the strain rate intensity distributions and normal stresses in cross-sections of a dowel point along the length of the deformation zone for an incomplete rolling process. Tool force variations at dowel knurling in the vertical axis line along the length of the deformation zone have been obtained. The manner of the force variations with time on both dies indicates the uniformity of the blank pointing process. Pilot production of dowels with a smooth surface of a rod has been carried out; rational parameters of a cross-wedge rolling tool have been derived. The authors have shown the possibility of import-substitution of constructional expanding dowels (anchor bolts) with their designs based on retention of an item in a pre-drilled hole in a concrete structure. A diagram has been studied and a new design of a roller-segmented-die tool has been proposed. The tool is designed for simultaneous thread-rolling and surfacing. The construction is made of a roller and a segmented die, each of the parts designed as a thread and shaping surface. The novelty

of this construction lies in the fact that a shaping surface of a roller is built with several operating parts while a shaping surface of a segmented die is built with one operating part. The operating parts include pick-up and deformation zones which are made eccentrically against the tool axis, as well as a gauging zone which is arranged in line with the tool axis with a profile following the contour of the end-product. The application of the roller-segmented-die tool also enhances improvement of dowel-nail pointing efficiency if compared with flat-plate knurling. Four applications for utility models have been submitted.

Keywords: Import-substitution, dowel, modeling, DEFORM 3D software package, cross-wedge rolling, dowel-driver.

References

1. Technology of direct installation. URL: <http://vashdom.ru> (an access date: 22.01.2015).
2. Lyubvin V.I. *Obrabotka metallov radial'nym obzhatiem* [Metal forming by radial compression]. Moscow: Mashinostroenie, 1975. 248 p.
3. Nikiforov B.A., Bukhinik G., Manin V.P., Korotkin Ya.S., Povaritch V.V., Petrik S.M., Mineev E.S., Rigmant B.M. *Sposob poperechno-klinovoj prokatki uchastkov zaostreniya dyubelej* [Cross-wedge rolling of dowel pointing areas]. Patent no. 1337177 USSR, 1987.

4. Biryukov A.V., Tsentner G.A., Valchuk O.M., Gorin N.N. *Instrument dlya poperechno-klinovoj prokatki* [Cross-wedge rolling tool]. Patent no. 1586835 USSR, 1990.
5. Manin V.P., Pykhtunova S.V. *Sovershenstvovanie protsessa kholodnoj poperechno-klinovoj prokatki: monografiya* [Improvement of cold cross-wedge rolling: Monograph]. Magnitogorsk: Nosov Magnitogorsk State Technical University, 2007. 103 p.
6. Pesin A.M., Chukin M.V., Kartunov A.D., Bakshinov V.A., Biryukov M.A., Biryukov A.V. *Instrument dlya poperechno-klinovoj prokatki* [Cross-wedge rolling tool]. Utility model application no. 2015129882, 2015.
7. Pesin A.M., Chukin M.V., Kartunov A.D., Bakshinov V.A., Biryukov M.A., Biryukov A.V. *Instrument dlya poperechno-klinovoj prokatki* [Cross-wedge rolling tool]. Utility model application no. 2015129964, 2015.
8. Pesin A.M., Chukin M.V., Kartunov A.D., Bakshinov V.A., Biryukov M.A., Biryukov A.V. *Instrument dlya prokatki izdeliya na rolke – segmente* [An instrument for rolling the product on the roller – segment]. Utility model application no. 2015129966, 2015.
9. Pesin A.M., Chukin M.V., Kartunov A.D., Bakshinov V.A., Biryukov M.A., Biryukov A.V. *Raspornyj dyubel* [Expansion dowel]. Utility model application no. 2015129970, 2015.

Разработка импортозамещающей технологии производства дюбель-гвоздей на основе численного моделирования методом конечных элементов / Бирюков М.А., Песин А.М., Чукин М.В., Картунов А.Д., Бакшинов В.А., Бирюков А.В. // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2016. Т. 14. №1. С. 52–59. doi:10.18503/1995-2732-2016-14-1-52-59

Biryukov M.A., Pesin A.M., Chukin M.V., Kartunov A.D., Bakshinov V.A., Biryukov A.V. Development of an import-substituting technology of dowel-nails production the basis of numerical modelling with the finite-element method. *Vestnik Magnitogorskogo Gosudarstvennogo Tekhnicheskogo Universiteta im. G.I. Nosova* [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University]. 2016, vol. 14, no. 1, pp. 52–59. doi:10.18503/1995-2732-2016-14-1-52-59

УДК 621. 771

DOI:10.18503/1995-2732-2016-14-1-59-68

РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ КОЛЕС

Кушнарев А.В.¹, Богатов А.А.², Киричков А.А.¹, Пузырев С.С.²

¹ ОАО «ЕВРАЗ Нижнетагильский металлургический комбинат», Нижний Тагил, Россия

² Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

Аннотация. В работе представлены результаты исследования технологического процесса производства железнодорожных колес, направленные на снижение расходного коэффициента металла, материальных и энергетических затрат, повышение стабильности характеристик качества и долговечности колес. В ОАО «ЕВРАЗ НТМК» выполнена комплексная широкомасштабная работа, найдены и внедрены в производство новые технические решения совершенствования конвертерного передела и внепечной обработки стали, получения слитка на МНЛЗ, освоения новых технологических схем деформационной обработки при штамповке, прокатке, прессовой гибке, правке и калибровке колеса.

В результате совмещения операций осадки, разгонки и калибровки заготовки на стадии предварительной штамповки, а также применения способа самоцентрирования поковки в штампах окончательной формовки обеспечено повышение точности чернового колеса и уменьшение массы исходной заготовки. Пресспрокатная линия имеет высокий уровень автоматизации всех операций, а метрологическое обеспечение технологического процесса способствует появлению рекомендаций по корректировке параметров настройки в режиме реального времени и минимизации брака. Ужесточение требований точности нагрева колес под закалку и использование рациональной скорости охлаждения обода колеса на закалочных столах способствовали освоению производства твердых (320 НВ) и особо твердых (350 НВ) колес со стабильными показателями качества. Эксплуатационные характеристики железнодорожных колес увеличены в 1,5 раза, в том числе благодаря внедрению полнопрофильной механической обработки колеса, дробеметному упрочнению диска и ужесточению приборного ультразвукового и магнитолуминисцентного способов контроля качества.

Ключевые слова: железнодорожное колесо; литая заготовка; штампы; штамповка; внепечная обработка стали; непрерывная разливка; модификация; вакуумирование; компьютерное моделирование; метрология; точность размеров; закалка; отпуск; механическая обработка; дробеметное упрочнение; приборный контроль качества.

Введение

Производство железнодорожных колес основано на общей технологической схеме: получение непрерывнолитой заготовки и раскрой ее на мерные длины; нагрев заготовки и гидросбив окарины; предварительная и окончательная штамповка

заготовки; прокатка штампованной поковки на колесопрокатном стане; прошивка ступицы, прессовая гибка, правка и калибровка колеса. Черновые колеса подвергаются закалке и отпуску, полнопрофильной механической обработке, балансировке и дробеметному упрочнению диска. Готовое колесо подвергается магнитолуминисцентному и ультразвуковому контролю для выявления по-

© Кушнарев А.В., Богатов А.А., Киричков А.А., Пузырев С.С., 2016