

УДК 621.7

Разработки кафедры «Технологии обработки материалов» МГТУ им. Н.Э. Баумана в области современных технологий кузнечно - штамповочного производства

Лавриненко Владислав Юрьевич

vlavrinenko@bmstu.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Аннотация. *Приведены основные результаты инновационных разработок в области технологии и оборудования кузнечно-штамповочного производства, проводимых специалистами кафедры «Технология обработки материалов» МГТУ им. Н.Э. Баумана: повышение эффективности ковочных, штамповочных и листоштамповочных молотов, комплексные исследования и разработка инновационных технологий и оборудования для производства высокопрочных крепежных изделий, а также исследования и технология изготовления поковок ответственных деталей авиационной техники из жаропрочных никелевых сплавов.*

Ключевые слова: *кузнечно-штамповочное производство, баба молота с наполнителем, холодная объемная штамповка высокопрочных крепежных и сложнопрофильных изделий, стали с двухфазной феррито-мартенситной структурой, низкотемпературный нагрев, стойкость инструмента, горячее деформирование жаропрочных никелевых сплавов*

Developments of the department of material processing technologies of BMSTU in the field of modern technologies of forging and stamping production

Lavrinenko Vladislav Yuryevich

vlavrinenko@bmstu.ru

BMSTU, Moscow, Russia

Abstract. The main results of innovative developments in the field of forging and stamping production technology and equipment, carried out by specialists of the Department of Materials Processing Technolog of BMSTU are presented: increasing the efficiency of forging, stamping and sheet metal stamping hammers, comprehensive research and development of innovative technologies and equipment for the production of high-strength fasteners, as well as research and technology for the manufacture of forgings of critical parts of aircraft equipment from heat-resistant nickel alloys.

Keywords: forging and stamping production, hammer head with filler, cold forming of high-strength fastener and complex-shaped parts, steels with a two-phase ferrite-martensite structure, low-temperature heating, tool life, hot deformation of heat-resistant nickel alloys

Одним из направлений повышения эффективности ударного деформирования на ковочных, штамповочных и листоштамповочных молотах является увеличение продолжительности взаимодействия инструмента с заготовкой при

удержании падающих частей молота в нижней точке при ударе путем использования бабы молота с наполнителем. При этом использование бабы молота с наполнителем позволяет увеличить КПД ударного деформирования при ковке и штамповке на молотах (до 1,2 раз), снизить силу деформирования (до 1,3 раза), увеличить работу пластической деформации и КПД удара (до 1,2 раза) по сравнению со стандартной бабой молота [1, 2].

Разработанные рекомендации по использованию бабы молота с наполнителем можно использовать для модернизации ковочных и штамповочных молотов, позволяющей повысить стойкость штоков молотов, сократить общее количество ударов молота для получения поковки заданных размеров, снизить интенсивность охлаждения поковки за весь технологический процесс, уменьшить расход энергии и затраты на производство, а также повысить КПД и производительность молота.

В результате проведенных промышленных испытаний бабы с наполнителем штамповочного молота модели М2140 с массой падающих частей 1000 кг при осадке и штамповке поковок из сталей 45 и 12Х2НВФА в кузнечном цехе АО «ММЗ «Авангард» установлено увеличение степени деформации поковки на каждом ударе и уменьшение количества ударов молота в среднем в 1,25–1,4 раз по сравнению со стандартной бабой молота при соответствии размеров полученных поковок требованиям чертежа.

Проведенный расчет экономической эффективности использования бабы с наполнителем штамповочного молота модели М2140 с массой падающих частей 1000 кг при горячей объемной штамповке поковок «Угольник» из стали 12Х2НВФА, проведенной в кузнечном цехе АО «Московский машиностроительный завод «Авангард», позволил установить:

- снижение нормы штучного времени на штамповку при использовании бабы молота с наполнителем на 11 %;
- снижение удельного энергопотребления и экономию электроэнергии при использовании бабы молота с наполнителем на 12 %;
- снижение удельного потребления сжатого воздуха при использовании бабы молота с наполнителем на 11 %.

Кроме этого, на основе результатов экспериментально-теоретических исследований процесса гибки листовых заготовок на молотах был разработан новый технологический процесс изготовления детали «Защивка», позволивший уменьшить в 2 раза количество ударов молота при гибке на листоштамповочном молоте модели МЛ-1,5 при использовании бабы молота с наполнителем, исключить трудоемкие операции ручной правки и отжига детали, а также уменьшить в 2–3 раза общую трудоемкость и время изготовления детали в производственных условиях ПАО «ОАК» – НАЗ «Сокол». Также спроектирована конструкция бабы (стесселя) с наполнителем листоштамповочного молота модели МЛ-1,5 [3].

С 2015 г. на кафедре успешно осуществляет свою деятельность международный учебно-инжиниринговый центр — Центр компетенций «Современные технологии ХОШ на автоматах» МГТУ им. Н.Э. Баумана, созданный

в 2004 г. для решения актуальных задач отечественного машиностроения, связанной с производством крепежных изделий для авиа-, автомобиле- и тракторостроения, строительства и других отраслей промышленности:

- технический консалтинг и инжиниринговая поддержка предприятий в области технологий и оборудования для холодной объемной штамповки (ХОШ) крепежных и других сложных деталей;
- обучение и повышение квалификации специалистов организаций и предприятий, работающих в области проектирования и производства крепежных и других сложнопрофильных изделий.

Можно отметить, что настоящее время международной учебно-инжиниринговой центр «Современные технологии ХОШ на автоматах» МГТУ им. Н.Э. Баумана является практически единственной в России организацией, проводящей научные исследования и конструкторско-технологические разработки в области передовых технологий и оборудования для производства крепежных и сложно-профильных изделий [4].

Наиболее энергоемкими и затратными этапами производственного процесса изготовления высокопрочных крепежных изделий (классом прочности 8.8 и выше) из углеродистых и низколегированных сталей являются подготовка металла и окончательная упрочняющая термическая обработка. Одним из путей снижения энергозатрат и сокращения трудоемкости изготовления высокопрочных крепежных изделий является достижение требуемого уровня служебных свойств только за счет деформационного упрочнения в процессе холодной объемной штамповки углеродистых и низколегированных сталей со специально подготовленной структурой (без завершающего термоупрочнения) [5, 6]. Важным преимуществом двухфазной ферритно-мартенситной структуры является повышенная (при заданной прочности) пластичность стали и высокая скорость деформационного упрочнения.

В результате проведенных экспериментально-теоретических исследований были разработаны технология изготовления высокопрочной шпильки М20 из стали 20 с двухфазной ферритно-мартенситной структурой, обеспечивающей получение изделий с классом прочности не менее 8,8 (для ООО «ОСПАЗ», г. Орел), а также технология изготовления автомобильной шпильки М8 из стали 20Г2Р с двухфазной ферритно-мартенситной структурой, обеспечивающей получение изделий с классом прочности не менее 10.9 (для АО «БЕЛЗАН») [7–9].

Применение данных технологий холодной объемной штамповки крепежных изделий из углеродистых и низколегированных сталей с двухфазной ферритно-мартенситной структурой позволит существенно снизить производственные затраты на подготовку металла для последующей холодной объемной штамповки высокопрочных крепежных изделий.

Еще одним направлением повышения эффективности производства крепежных деталей является применение предварительного низкотемпературного нагрева при ХОШ углеродистых и легированных сталей. В проведенных исследованиях [9, 10] были определены механические свойства и построены

кривые деформирования сталей 32CrV4, 20Г2Р, 40Х13, 41Х1 при предварительном низкотемпературном нагреве заготовок до 400 °С, а также построены обобщенные зависимости напряжения течения от температуры заготовки при различных значениях накопленной деформации.

Были разработаны технологии ХОШ сложнопрофильных деталей «Гайка протектора» и «Винт установочный» для «Сатурн» с применением предварительного низкотемпературного нагрева заготовок до температур из установленных рациональных интервалов, которые позволят уменьшить силы деформирования до 1,5 раз, снизить нагрузки и повысить стойкость рабочего инструмента до 1,5–2,5 раз [9].

Для реализации данной технологии с применением предварительного низкотемпературного нагрева заготовок в производственных условиях была разработана конструкция установки электроконтактного нагрева для штамповки сложно-профильных деталей на холодновысадочных автоматах [11].

Кроме того, в настоящее время на кафедре проводятся комплексные исследования механических свойств и структуры жаропрочных никелевых сплавов для разработки технологииковки и горячей объемной штамповки из них поковок ответственных деталей авиационной техники в производственных условиях АО «Ступинская металлургическая компания». Разработаны уникальные методики исследования энергосиловых и кинематических параметров ковочных и штамповочных молотов с использованием систем высокоскоростной видеосъемки [12], проведены исследования и разработаны технологические процессы штамповки поковок диска из жаропрочных никелевых сплавов ЭП742-ИД и ЭИ698-ВД, обеспечивающие требуемое высокое качества получаемых изделий [13].

Список источников

- [1] Лавриненко В.Ю., Аюпов Т.Х. Расчет экономической эффективности промышленного использования бабы с наполнителем штамповочного молота М2140. *Заготовительные производства в машиностроении*, 2020, т. 18, № 6, с. 262–266.
- [2] Лавриненко В.Ю. *Проектирование технологических процессовковки на молотах при деформировании бабой молота с наполнителем*. Москва, Инновационное машиностроение, 2020, 120 с.
- [3] Lavrinenko V.Y., Shagaleev R.R. The Method of Reducing of Springback Effect during Impact Bending of Sheet Steel Blanks. *Materials Science Forum*, 2019, vol. 973, pp. 85–89. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.973.85>
- [4] Лавриненко В.Ю., Лавриненко Ю.А. Основные направления повышения эффективности производства крепежных деталей для различных отраслей промышленности: к 20-летию Центра компетенций «Современные технологии ХОШ на автоматах» МГТУ им. Н.Э. Баумана. *Заготовительные производства в машиностроении*, 2024, т. 22, № 4, с. 188–191.
- [5] Лавриненко Ю.А., Лавриненко В.Ю., Евсюков С.А. *Объемная штамповка на автоматах*. Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014, 264 с.
- [6] Lavrinenko V.Y., Lavrinenko Y.A., Govorov V.A. Materials for Manufacturing Automotive Industry High-Strength Fasteners. *Metallurgist*, 2020, vol. 63, pp. 960–966.
- [7] Лавриненко В.Ю., Лавриненко Ю.А., Посалина А.Е. Экспериментальные исследования влияния предварительной подготовки на механические свойства двухфазных феррито-

мартенситных сталей для изготовления высокопрочных крепежных изделий. *Заготовительные производства в машиностроении*, 2023, т. 21, № 1, с. 23–27.

- [8] Лавриненко В.Ю., Лавриненко Ю.А., Галиахметов Т.Ш., Посалина А.Е. Разработка технологии изготовления высокопрочных крепежных изделий из стали 20Г2Р с двухфазной феррито-мартенситной структурой. *Заготовительные производства в машиностроении*, 2024, т. 22, № 7, с. 311–314.
- [9] Лавриненко В.Ю., Лавриненко Ю.А., Файрузов Р.С., Кирсанов А.С., Габдулхаков И.И. Снижение сил деформирования и нагрузок на инструмент при холодной объемной штамповке сложнопрофильных деталей с использованием предварительного низкотемпературного нагрева заготовок. *Заготовительные производства в машиностроении*, 2022, т. 20, № 1, с. 22–27.
- [10] Лавриненко В.Ю., Ушаков А.В. Экспериментальные исследования влияния предварительного низкотемпературного нагрева заготовок на механические свойства сталей 41Х1, 20Г2Р и 38ХГНМ. *Заготовительные производства в машиностроении*, 2025, т. 23, № 1, с. 14–19.
- [11] Lavrinenko V.Y., Lavrinenko Y.A. Design of Installation for Electric Resistance Heating of Workpieces for Stamping Complex-Profile Parts on an Automatic Cold Upsetter. *Russ. Metall.*, 2024, pp. 668–673. <https://doi.org/10.1134/S0036029524701106>
- [12] Лавриненко В.Ю., Белокуров О.А., Карягин М.О., Смирнов М.О., Дорошенко С.А., Лебединец А.Н. Исследование энергосиловых параметров штамповочных молотов в производственных условиях АО «СМК». *Заготовительные производства в машиностроении*, 2024, т. 22, № 1, с. 16–24.
- [13] Лавриненко В.Ю., Белокуров О.А., Смирнов М.О., Соколов Д.А. Исследование неравномерности деформации при осадке и штамповке заготовки диска из жаропрочного никелевого сплава ЭП742-ИД. *Заготовительные производства в машиностроении*, 2024, т. 22, № 2, с. 65–69.