ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ

УДК 621.178.8

<https://doi.org/10.18503/1995-2732-2017-15-4-47-54>

ПОИСК ЭФФЕКТИВНЫХ СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ПОДСМАЗОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ ШТАМПОВКИ СТЕРЖНЕВЫХ КРЕПЕЖНЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ НЕРЖАВЕЮЩИХ СТАЛЕЙ

Железков О.С.¹, Абрамов А.Н.², Галиахметов Т.Ш.³¹ Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, Магнитогорск, Россия² Уфимский государственный авиационный технический университет, Уфа, Россия³ Белебеевский завод «Автономаль», Белебей, Россия

Аннотация

Крепежные изделия из коррозионностойких сталей находят широкое применение в атомной энергетике, нефтяной и газовой промышленности, авиастроении и судостроении, медицинской технике, пищевой промышленности и других отраслях. Для изготовления крепежных изделий с высокой коррозионной стойкостью, в основном, применяются стали аустенитного класса. Доля импорта в потреблении крепежных изделий в Российской Федерации в 2014 г. составила 46%. В основном, это изделия повышенной прочности и крепеж из нержавеющей стали являются важной задачей отечественной промышленности по импортозамещению. Цель работы – поиск эффективных смазочных материалов и подсмазочных покрытий для штамповки стержневых крепежных изделий из нержавеющей стали. Выполнены экспериментальные исследования по моделированию процесса прямого выдавливания и редуцирования цилиндрических заготовок из нержавеющей стали при использовании различных смазочных материалов и подсмазочных покрытий. Определены силы деформирования исходных заготовок и силы выталкивания деформированных заготовок из матрицы, по которым оценивали качество исследуемых смазочных материалов и покрытий. Установлено, что наиболее эффективными подсмазочными покрытиями являются оксалатное и медное, нанесенное химико-термическим способом. Исследовано 14 типов смазочных материалов. Среди традиционных смазочных материалов наиболее эффективны Эмбол-4, Форсол, КТИОЛ и Твол. Применяются также современные смазочные материалы зарубежного производства «Макко-Экструдойл-51» и «Экструдинг-641» («Витко Кемикал», США). Отечественный смазочный материал «Росойл-ШОК» по технико-экономическим показателям не уступает лучшим мировым аналогам. Опыт промышленного использования смазочного материала «Росойл-ШОК» на заводах «Автономаль» (г. Белебей) и «Этна» (г. Н. Новгород) при штамповке крепежных изделий показали высокую эффективность.

Ключевые слова: нержавеющие стали, смазочные материалы, подсмазочные покрытия, прямое выдавливание, редуцирование, пуансон, матрица, выталкиватель, сила деформирования, сила выталкивания.

Введение

Нержавеющие стали – это высоколегированные стали, образующие на своей поверхности пассивную пленку окислов, которая прерывает контакт металла с агрессивной средой [1–3]. Крепежные изделия из коррозионностойких сталей находят широкое применение в атомной энергетике, нефтяной и газовой промышленности, авиа- и судостроении, медицинской технике, пищевой промышленности и других отраслях. Для изготовления крепежных изделий с высокой коррозионной стойкостью предпочтительно применение сталей аустенитного класса – хромоникелевых ($Cr \geq 18\%$, $Ni \geq 8\%$) и хромоникелемолибденовых ($Cr \geq 18\%$, $Ni \geq 10\%$, $Mo \geq 2\%$) [2–3].

По данным Министерства промышленности и торговли РФ, доля импорта в потреблении крепежных изделий в 2014 г. составила 46%, причем, в основном, это изделия повышенной прочности, а также крепеж из коррозионностойких и жаропрочных сталей [4]. Поэтому задача освоения и расширения производства крепежных изделий из нержавеющей стали является важной задачей отечественной промышленности по импортозамещению.

Цель исследования – поиск эффективных смазочных материалов и подсмазочных покрытий для штамповки болтов и винтов из нержавеющей стали для реализации технологии на высокопроизводительном автоматическом оборудовании.

© Железков О.С., Абрамов А.Н., Галиахметов Т.Ш., 2017

В настоящее время наиболее эффективным способом изготовления крепежа из нержавеющей сталей является холодная объемная штамповка с использованием прессов-автоматов, применение которой по сравнению с обработкой резанием обеспечивает существенную экономию металла и более высокую производительность [5–7]. Процессы штамповки крепежных изделий из нержавеющей сталей практически неосуществимы без применения соответствующих смазочных материалов и подсмазочных покрытий [3].

Материалы и методы исследования

Поиск эффективных смазочных материалов и подсмазочных покрытий осуществлялся в несколько этапов. На начальном этапе по результатам анализа информационных материалов отобран ряд смазочно-охлаждающих технологических средств (СОТС) массового и специального применения, которые широко применяются на протяжении последних 10–15 лет: Укринол 5/5; СН-М; СН-Ц; Эмбол-4; ХС-163, Твол; КТИОЛ; Игнол; ХС-170; Форсол.

Физико-химические свойства рассматриваемых СОТС представлены в табл. 1.

Таблица 1

Физико-химические показатели СОТС

Показатели	ГОСТ	Укринол 5/5	СН-М	СН-Ц	Эмбол-4	ХС-170	Форсол	Игнол	ХС-163	Твол	КТИОЛ
Вязкость кинематическая при 50°C, м ² /с 10 ⁻⁶	33–82	62,5	69,6	–	18,02	96,2	81,7	92,3	52,3	23,4	20–80
Температура вспышки в открытом тигле, °C	4333–87	153	190	–	168	153	–	–	151	–	180
Содержание серы, %	1431–85	1,53	1,43	6,02	7,15	2,15	–	–	1,9	–	–

Все вышеотмеченные СОТС удовлетворяют требованиям ГОСТ 2917-76 в части коррозионной агрессивности по отношению к металлам и экологическим требованиям, предъявляемым к данной продукции, так как относятся к 4 классу опасности.

Для оценки технологических свойств СОТС использовался метод деформирования заготовок в коническом отверстии [8]. Этот метод моделирует операции выдавливания и редуцирования, которые широко применяются в технологических процессах изготовления стержневых изделий штамповкой [9].

Именно при выполнении таких операций смазочные материалы и подсмазочные покрытия в наибольшей степени влияют на стабильность технологических процессов. Метод деформирования в коническом отверстии обеспечивает высокую надежность результатов, так как, во-первых, соблюдается постоянство условий испытаний (размеры заготовок до и после деформирования, степень деформации), во-вторых, силы деформирования для одинаковых исходных заготовок зависят только от свойств смазок и подсмазочных покрытий.

На рис. 1 представлены схемы процессов деформирования в коническом отверстии и выталкивания.

Рис. 1. Схемы процессов деформирования (а) в коническом отверстии и выталкивания (б): 1 – заготовка; 2 – матрица; 3 – пуансон; 4 – выталкиватель; 5 – заходное отверстие; 6 – деформирующий конус; 7 – калибрующий пояс; 8 – выходное отверстие; 9 – корпус матрицы; 10 – направляющая пуансона

На начальном этапе процесса выдавливания исходная заготовка 1, диаметр которой несколько меньше диаметра заходного отверстия 5 матрицы 2, под действием пуансона 3 осаживается в заходном отверстии 5, а на последующем этапе проталкивается через рабочий конус 6 и калибрующий пояс 7. В процессе выдавливания (рис. 1, а) работа силы P_1 действия пуансона 3 на заготовку 1 тратится на работу внутренних сил деформирования и работу сил трения на поверхностях контакта металла с заходным отверстием 5, рабочим конусом 6 и калибрующим пояском 7. При этом работа внутренних сил деформирования существенно больше работы на преодоление сил трения.

В процессе выдавливания, из-за больших контактных давлений, в случае применения неэффективного смазочного материала может иметь место разрыв смазочной пленки. При этом возникают очаги схватывания поверхности деформируемого металла с поверхностью инструмента, что приводит к проблемам выталкивания деформированной заготовки из матрицы, вплоть до поломки выталкивателя.

При выталкивании деформированной заготовки 1 из матрицы 2 (рис. 1, б) работа силы P_2 действия выталкивателя 4 на заготовку 1 тратится на работу сил трения на поверхностях контакта металла с заходным отверстием 5 и калибрующим пояском 7.

Величина силы трения при выталкивании показывает, насколько тот или иной смазочный материал обеспечивает разделение контактирующих поверхностей. Следовательно, величина силы выталкивания деформированной заготовки из матрицы характеризует, с одной стороны, степень экраняющей способности смазочного материала и, с другой стороны, величину адгезионного взаимодействия (прилипание, схватывание) материалов заготовки и инструмента [10].

В процессе редуцирования степень деформации существенно меньше, чем при выдавливании, заготовка пластически не деформируется в заходном отверстии 5 (см. рис. 1, а). Поэтому силы P_1 действия пуансона 3 на заготовку 1 тратится на работу внутренних сил деформирования и работу сил трения на поверхностях контакта металла с рабочим конусом 6 и калибрующим пояском 7. При выталкивании проредуцированной заготовки (см. рис. 1, б) работа силы P_2 действия выталкивателя 4 на заготовку 1 тратится только на работу сил трения на поверхности контакта металла с калибрующим пояском 7.

Результаты испытаний смазочных материалов и подсмазочных покрытий

Испытания проводились на разрывной машине ЗД-100 (Германия) с использованием инструментальной оснастки (рис. 2), с помощью которой моделировались процессы выдавливания и редуцирования исходной заготовки, а также процесс выталкивания деформированной заготовки из матрицы.

Рис. 2. Инструментальная оснастка: 1 – матрица; 2 – пуансон; 3 – исходная заготовка; 4 – заготовка после деформации; 5 – выталкиватель; 6 – корпус для центрирования инструмента

На этапе проверки технологических свойств СОТС моделировался процесс выдавливания, при котором заготовки из стали 12Х18Н10Т (диаметр 11,65 мм, длина 24 мм) деформировались в коническом отверстии с углом рабочего конуса $2\alpha = 90^\circ$ на диаметр 9,1 мм. Скорость перемещения инструмента (пуансон и выталкиватель) 80–100 мм/мин. Смазочный материал на заготовки наносился методом окунания. Для каждого вида смазочного материала испытывались по 6 образцов. Оценка технологических свойств СОТС осуществлялась по усредненным значениям максимальных сил выдавливания P_1 и выталкивания P_2 . Результаты испытаний представлены в табл. 2.

Анализ полученных результатов показал, что минимальные силы выдавливания возникают в случае использования СОТС: Эмбол-4, Форсол и КТИОЛ. По силам выталкивания наиболее эффективны Твол, Эмбол-4, и Форсол. Таким образом, из испытываемых смазочных материалов наилучшие результаты показали Эмбол-4, Форсол, КТИОЛ и Твол. Оптимальная вязкость СОТС составляет $(20-40) \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$.

Таблица 2

Силы выдавливания исходных заготовок и выталкивания из матрицы деформированных образцов при испытаниях СОРС

Наименование применяемых СОРС	Силы					
	P_1 , кН			P_2 , кН		
	min	max	$\bar{x}$	min	max	$\bar{x}$
Укринол 5/5	105	114,5	108	16	20	17,9
СН-М	104	111,5	108,2	18	22	19,3
СН-Ц	105	109	106,7	16	19,5	18,1
Эмобл-4	96,5	103	100,5	17	22	17,4
ХС-170	101	105,5	103,3	16	21,5	18,3
Форсол	98,5	103,5	101,3	17	19	17,6
Игнол	115	123,5	120,3	16,5	23,5	19,2
ХС-163	100	107	103,3	15	22	18
Твол	103,5	115	109,9	10	19,5	16,8
КТИОЛ	103	111,0	107,6	17	19	17,7

При высоких степенях деформирования нержавеющей стали (более 50%) и удельных давлений на инструмент более 1000 МПа без достаточного надежного экранирования поверхностей заготовки и инструмента происходит образование задиров, а иногда залипание заготовки в матрице и в итоге поломка выталкивателя. Склонность нержавеющей стали к налипанию на инструмент вызывает необходимость нанесения перед штамповкой подслозочных покрытий. Поэтому в ходе испытаний осуществлялся поиск эффективного способа подготовки поверхности [11]. При этом исходные заготовки диаметром 11,65 мм из стали 12Х18Н10Т с различными покрытиями (фосфатное, оксидное и медное) деформировались в коническом отверстии с углом рабочего конуса $2\alpha = 30^\circ$ на диаметр 10,78 мм. В качестве СОРС использовался Эмобл-4, который наносился методом окунания. Для каждого вида покрытия использовалось не менее 4 образцов. По усредненным значениям усилий деформирования и выталкивания оценивалась эффективность подслозочного покрытия.

При выполнении данного этапа исследований использовались фосфатное, оксидное и медное покрытия, наносимые на предварительно отрезанные от калиброванного металла заготовки.

Технологический процесс нанесения фосфатного покрытия включал следующие операции:

1. Активация поверхности, то есть обработка в растворе серной кислоты H_2SO_4 (концентрация 23%) при температуре $70^\circ C$ в течение 5 мин.

2. Промывка водой.

3. Фосфатирование в растворе состава: $Zn(H_2PO_4)_2 \cdot 2H_2O$ – 50–70 г/л; $CaCl_2$ – 5–40 г/л;

$FeCl_3$ – 1,0–1,5 г/л, Температура раствора – $80^\circ C$. Продолжительность – 20 мин.

4. Промывка водой.

При нанесении оксидного покрытия использовался раствор следующего состава: щавелевая кислота – 24 г/л; щавелевоокисное железо – 12 г/л; двуххромокислый калий – 6 г/л и поваренная соль – 180 г/л. Температура раствора – 45 – $50^\circ C$. Время выдержки – 15 мин.

Медное покрытие на заготовки наносилось тремя методами: электролитическим, химико-термическим и механическим.

При электролитическом меднении заготовок состав электролита:

$CuSO_4 \cdot 5H_2O$ – 180–220 г/л; H_2SO_4 – 40–50 г/л. Температура электролита – 40 – $50^\circ C$.

Для получения различной толщины покрытия варьировались продолжительность процесса в диапазоне 10–30 мин. и сила тока 1–4 А. При этом наносились покрытия с толщиной от 10 до 20 мкм.

Химико-термическое меднение заготовок из нержавеющей стали осуществлялось по технологии, разработанной специалистами Института электрохимии РАН и УрФУ им. Первого президента РФ Б.Н. Ельцина (г. Екатеринбург) [12]. При этом покрытие наносилось путем погружения заготовок в солевой расплав, имеющий температуру 450 – $470^\circ C$, с выдержкой в течение 5 мин. После меднения заготовки промывались в горячей ($t \geq 60^\circ C$) и холодной воде.

Нанесение медного покрытия механическим способом осуществлялось по технологии, разработанной специалистами Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова [13]. Сущность метода заключается в том, что металлические упругие щетки при их вращении снимают частицы наносимого покрытия со слитка, установленного радиально щетке, и наносят их на поверхность вращающейся заготовки.

Результаты испытаний представлены в табл. 3.

Анализ полученных результатов показывает, что наиболее эффективными покрытиями являются оксидное и медное, нанесенное химико-термическим способом.

На следующем этапе исследований осуществлялся поиск эффективных смазочных материалов зарубежного производства. В лабораторных условиях с использованием испытательных машин с гидравлическим приводом и специального инструмента заготовки из нержавеющей стали подвергались прямому выдавливанию и выталкиванию со скоростью перемещения инструмента 80–100 мм/мин. Записывались графики изменения сил выдавливания и выталкивания, по которым оценивалась эффективность СОРС.

Таблица 3

Силы деформирования P_1 и выталкивания P_2 при редуцировании заготовок из стали I2X18H10T с различными видами покрытий

Тип подготовки поверхности	Усилие					
	P_1 , кН			P_2 , кН		
	min	max	$\bar{X}$	min	max	$\bar{X}$
Электролитическое меднение, $\Delta = 10$ мкм	48,2	49,6	48,76	5,0	5,8	5,4
Электролитическое меднение, $\Delta = 15$ мкм	49,5	52,0	50,5	5,0	9,0	6,2
Электролитическое меднение, $\Delta = 20$ мкм	47,0	53,0	47,55	4,0	6,0	4,6
Механическое меднение щетками	46,0	51,0	48,7	4,8	6,5	5,45
Химико-термическое меднение	45,3	47,3	46,3	5,5	7,0	6,25
Оксалатирование	44,0	46,0	44,95	5,0	6,9	5,95
Фосфатирование	47,0	48,0	47,6	4,0	5,5	4,52

Δ – толщина покрытия.

В условиях АО «Белебеевский завод «Автономаль» проведены испытания импортных СОТС, таких как «HFF-22» фирмы «Файншнайдоль» (Германия), «Илоформ ФН-276» фирмы «Кастрол» (Англия), «PW-1655» фирмы «Сульфохем», «Макко-Экструдойл-51» и «Экструдинг-641» фирмы «Витко Кемикал» (США) на операциях штамповки крепежных изделий и формообразования внутренних резьб, как резанием, так и пластическим деформированием с использованием бесстружечных метчиков. Анализ результатов испытаний показал, что наиболее эффективными смазочными материалами из вышеперечисленных являются «Макко-Экструдойл-51» и «Экструдинг-641», обеспечивающие хорошую технологическую деформируемость, стабильность в течение всего срока эксплуатации, инвариантность к технологическим схемам, степеням и скоростям деформирования и высокую стойкость инструмента. Наиболее близким к ним по эффективности действия оказался смазочный материал «Эмбол-4», но при его использовании в резьбораскатных автоматах отмечался резкий неприятный запах, а масляный туман раздражал слизистую оболочку глаз. Остальные опробованные аналоги не обеспечивали требования технологического процесса по стойкости инструмента.

Специалистами Уфимского государственного авиационного технического университета

выполнены исследования, направленные на разработку отечественных смазочных материалов, не уступающих по технологическим свойствам СОТС «Экструдинг-641». На основе проведения большого комплекса лабораторных физико-химических, трибологических исследований и опытно-промышленных испытаний была разработана композиция «Росойл-ШОК» [14], не уступающая по технологическим свойствам смазочному материалу «Экструдинг-641». В частности, проводились сравнительные испытания эффективности применения СОТС «Экструдинг-641», «Белойл» (ООО «Белойл») и «Росойл-ШОК». При этом осуществлялось прямое выдавливание образцов из стали 08X18H10T (диаметр – 5 мм, длина – 15 мм) со скоростью деформирования 100 мм/мин при различной степени деформации.

На рис. 3 представлены графики изменения усилий прямого выдавливания и выталкивания при использовании СОТС: «Белойл», «Росойл-ШОК» и «Экструдинг-641».

На основании анализа результатов исследования установлено следующее. Применение смазочного материала «Росойл-ШОК» по сравнению с «Экструдинг-641» обеспечивает снижение силы выдавливания при степени деформации 20% на 6%, а при $\varepsilon = 50\%$ – на 9%. Силы выталкивания снижаются на 10% при $\varepsilon = 20\%$ и на 15% при $\varepsilon = 50\%$.

На технологическую смазку «Росойл-ШОК» оформлена соответствующая нормативно-техническая документация и получен гигиенический сертификат. На Опытном заводе смазок и оборудования (г. Уфа) освоено серийное производство «Росойл-ШОК». Опыт промышленного использования смазочного материала «Росойл-ШОК» на заводах «Автономаль» (г. Белебей), «Этна» (г. Н. Новгород) и на других машиностроительных и металлургических предприятиях при штамповке крепежных изделий показал их высокую эффективность.

В настоящее время на базе «Росойл-ШОК» созданы новые эффективные технологические смазочные материалы [15], такие как «Росойл-103» с усиленными противозадирными свойствами, «Росойл-105» для одновременного использования в системе смазки оборудования и зоны деформирования, «Росойл-111» с усиленными антикоррозионными свойствами, которые широко используются промышленными предприятиями России и ближнего зарубежья.

Рис. 3. Влияние степени деформации на усилия прямого выдавливания (а) и выталкивания (б) при использовании СОТС: 1 – «Белойл»; 2 – «Росойл-ШОК»; 3 – «Экструдинг-641»

Выводы

1. При оценке эффективности смазочных материалов по силам деформирования заготовок в конечном отверстии и их выталкивания из матрицы установлено, что при холодной штамповке крепежных изделий из нержавеющей стали среди традиционных СОТС наиболее эффективными являются Эмбол-4, Форсол, КТИОЛ и Твол.

2. Штамповка крепежа из нержавеющей сталей невозможна без применения подсмазочных покрытий, среди которых наиболее эффективными являются оксидное и медное, нанесенное химико-термическим способом.

3. Среди современных СОТС зарубежного производства эффективными смазочными мате-

риалами являются «Макко-Экструдойл-51» и «Экструдинг-641» (ф. «Витко Кемикал», США). Отечественный смазочный материал «Росойл-ШОК» и его модификации по технико-экономическим показателям не уступают лучшим мировым аналогам.

Список литературы

1. Ульянов Е.А. Коррозионностойкие стали и сплавы. М.: Металлургия, 1980. 208 с.
2. Лысенков А.И. Особенности нержавеющей стали и их влияние на качество крепежа // Крепеж, клеи, инструмент. 2015. №2. С. 33–38.
3. Крепежные изделия для современного машиностроения / И.А. Воробьев, С.В. Овчинников, Г.В. Бунатян, Т.Ш. Галиахметов и др. Нижний Новгород: МПК-сервис. 2016. 520 с.
4. Приказ Министерства промышленности и торговли РФ №652 от 31.03.2015 «Об утверждении плана мероприятий по импортозамещению в отрасли черной металлургии Российской Федерации». М., 2015.
5. Мокринский В.И. Производство болтов холодной объемной штамповкой. М.: Металлургия, 1978. 78 с.
6. Мокринский В.И., Железков О.С. Новые прогрессивные виды и технологические процессы изготовления крепежных изделий // Метизное производство. 1990. Вып. 2.
7. Железков О.С., Морозов Н.П., Семашко В.В. Малоотходные технологии изготовления крепежных изделий с головками // Моделирование и развитие процессов обработки металлов давлением: сб. науч. тр. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2011. С.135–139.
8. Шолом В.Ю., Жернаков В.С., Абрамов А.Н. Методология исследований триботехнических характеристик и выбора смазочных материалов для процессов холодной обработки металлов давлением // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. 2016. №4. С. 10–15.
9. Навроцкий Г.А., Миропольский Ю.А., Лебедев В.В. Технология объемной штамповки на автоматах. М.: Машиностроение. 1972. 95 с.
10. Абрамов А.Н., Филиппова Н.А., Корытова О.С. Влияние адгезии на величину силы трения при холодной пластической деформации // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. 2014. №5. С. 42–47.
11. Совершенствование технологии подготовки поверхности для холодного выдавливания сталей / Н.П. Барыкин, А.Н. Абрамов, З.В. Сергеева и др. // Кузнечно-штамповочное производство. 1990. №6. С. 18–20.
12. Губарев А.П., Бутаков С.В., Мальцев Л.В. Холодная объемная штамповка изделий из коррозионностойких сталей // Машиностроитель. 1987. №9. С. 16–18.
13. Анцупов В.П. Теория и практика плакирования изделий

- гибким инструментом. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 1999. 241 с.
14. Пат. 2093547 РФ, МКИ С 10 М 169/04, С10М169/04. Смазка для холодной обработки металлов «Росойл-ШОК» / В.Ю. Шолом, А.Г. Гилев, С.З. Хотько и др.; заявл. 18.05.1995; опубл. 20.10.1997. Бюл. №14.
15. Разработка полифункционального технологического смазочного материала для холодной объемной штамповки / Н.В. Савельева, А.Н. Абрамов, С.А. Саранцева и др. // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. 2014. №5. С. 33–38.

Поступила 25.10.17.

Принята в печать 01.11.17.

INFORMATION ABOUT THE PAPER IN ENGLISH

<https://doi.org/10.18503/1995-2732-2017-15-4-47-54>

SEARCH FOR EFFECTIVE LUBRICANTS AND LUBRICATING COATINGS FOR PRODUCING STAINLESS STEEL FASTENERS BY FORGING

Oleg S. Zhelezkov – D.Sc. (Eng.), Professor

Nosov Magnitogorsk State University, Magnitogorsk, Russia. E-mail: ferumoff@mail.ru

Aleksey N. Abramov – D.Sc. (Eng.), Associate Professor

Ufa State Aviation Technical University, Ufa, Russia. E-mail: abramov@rosoil.ru

Timur Sh. Galiakhmetov – Chief Technical Officer

Avtonormal Belebeevsky Plant, Belebey, Bashkortostan, Russia. E-mail: t.galiachmetov@belzan.ru

Abstract

Corrosion resistant fasteners are widely used in nuclear power, oil and gas industries, aircraft and ship building, healthcare, food industry and other sectors. They are mainly austenitic steels that are used for the manufacture of fasteners with high corrosion resistance. In 2014 the Russian Federation shipped 46 % of the fasteners overseas. For the most part these included high-strength products and stainless and heat-resistant steel hardware. The aim of streamlining and expanding the production of stainless steel fasteners is an important task for the domestic industry in terms of import substitution. The objective of this research is to identify efficient lubricants and lubricating coatings that can be used for the production of stainless steel fasteners by press forming. Experimental studies were carried out simulating the processes of direct extrusion and reduction of cylindrical stainless steel workpieces when applying different lubricants and lubricating coatings. The strain applied to the primary workpieces, as well as the force necessary to kick the deformed billet out of the die were defined, and based on the above the quality of the test lubricants and coatings was assessed. It was found that the oxalate coating and the thermochemical copper coating provide the most efficient lubricating coatings. 14 types of lubricants were examined. The following brands proved to be most efficient among conventional lubricants: Embol-4, Forsol, KTIOL and Tvol. The foreign brands of Makko-Exrudol-51 and Extruding-641 Witco Chemical (USA) proved to be efficient too. In terms of cost-to-performance ratio, the Russian lubricant "Rosoil-SHOCK" proves to be competitive on the global market. The lubricant "Rosoil-SHOCK" was given a test run by the fastener manufacturers of Avtonormal (Belebey) and Etna (Nizhniy Novgorod) and proved to be highly efficient.

Keywords: Stainless steels, lubricants, lubricating coating, direct extrusion, reduction, punch, die, ejector, force of deformation, ejection force.

References

1. Ulyanin E.A. Corrosion resistant steels and alloys. Moscow: Metallurgiya, 1980, 208 p. (In Russ.)
2. Lysenko A.I. Properties of stainless steels and their influence on the quality of the fasteners. *Krepezh, klei, instrument* [Fasteners, adhesives, tools]. 2015, no. 2, pp. 33–38. (In Russ.)
3. Vorobiev I.A., Ovchinnikov S.V., Bunatyan G.V., Galiakhmetov T.Sh. et al. Fasteners for today's machinery manufacturers. Nizhny Novgorod: MPK-servis, 2016, 520 p. (In Russ.)
4. Order No. 652 by the Ministry of Industry and Trade of the Russian Federation dated 31st March 2015 "On approval of the import substitution plan for the ferrous metallurgy sector of the Russian Federation". Moscow, 2015.
5. Mokrinsky V.I. Cold forming of bolts. Moscow: Metallurgiya, 1978, 78 p.
6. Mokrinsky V.I., Zhelezkov O.S. New advanced types and processes in the manufacturing of fasteners. *Metiznoe proizvodstvo* [Hardware production]. Moscow: Chermetinformatiya, 1990, vol. 2. (In Russ.)
7. Zhelezkov O.S., Morozov N.P., Semashko V.V. Low-waste technologies for the manufacturing of head bolts. *Modelirovanie i razvitiye protsessov obrabotki metallov davleniem Sb. nauch. tr.* [Simulation and development of metal forming processes. Research papers]. Magnitogorsk, Nosov Magnitogorsk State University, 2011, pp. 135–139. (In Russ.)
8. Sholom V.Yu., Zhemakov V.S., Abramov A.N. The methods of tribological research and selection of lubricants for cold metal

- forming processes. *Kuznechno-shtampovoye proizvodstvo. Obrabotka materialov davleniem* [Die forging. Metal forming]. 2016, no. 4, pp. 10–15. (In Russ.)
9. Navrotsky G.A., Miropolsky Yu.A., Lebedev V.V. The die forging process relying on machines. Moscow: Mashinostroyeniye, 1972, 95 p. (In Russ.)
10. Abramov A.N., Filippova N.A., Korytova O.S. How adhesion changes the friction during a cold forming process. *Kuznechno-shtampovoye proizvodstvo. Obrabotka materialov davleniem* [Die forging. Metal forming]. 2014, no. 5, pp. 42–47. (In Russ.)
11. Barykin N.P., Abramov A.N., Sergeeva Z.V. et al. Improving the surface preparation process for cold extrusion of steels. *Kuznechno-shtampovoye proizvodstvo. [Die forging]*. 1990, no. 6, pp. 18–20.
12. Gubarev A.P., Butakov S.V., Maltsev L.V. Cold die forging of stainless steel products. *Mashinostroyeniye* [Mechanical engineer]. 1987, no. 9, pp. 16–18. (In Russ.)
13. Antsupov V.P. The theory and practice of product cladding with the help of flexible tooling. Magnitogorsk: Nosov Magnitogorsk State Technical University, 1999, 241 p. (In Russ.)
14. Sholom V.Yu., Gilev A.G., Khotko S.Z. et al. *Smazka dlya kholodnoy obrabotki metallov* ["Rosoil - ShOK": A lubricant for cold metal working]. Patent RF, no. 2093547, 1997.
15. Savelyeva N.V., Abramov A.N., Sarantseva S.A. et al. Creating a versatile lubricant for cold die forging. *Kuznechno-shtampovoye proizvodstvo. Obrabotka materialov davleniem* [Die forging. Metal forming]. 2014, no. 5, pp. 33–38. (In Russ.)

Received 25/10/17
Accepted 01/11/17

Образец для цитирования

Железков О.С., Абрамов А.Н., Галиахметов Т.Ш. Поиск эффективных смазочных материалов и подмазочных покрытий для штамповки стержневых крепежных изделий из нержавеющей стали // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2017. Т.15. №4. С. 47–54. <https://doi.org/10.18503/1995-2732-2017-15-4-47-54>

For citation

Zhelezkov O.S., Abramov A.N., Galiakhmetov T.Sh. Search for effective lubricants and lubricating coatings for producing stainless steel fasteners by forging. *Vestnik Magnitogorskogo Gosudarstvennogo Tekhnicheskogo Universiteta im. G.I. Nosova* [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University]. 2017, vol. 15, no. 4, pp. 47–54. <https://doi.org/10.18503/1995-2732-2017-15-4-47-54>