

УДК 621.9.06

Мовшович А. Я.
Дерябкина Е. С.
Ищенко М. Г.
Федосеева М. Е.

ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ НАПРАВЛЯЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ШТАМПОВОЙ ОСНАСТКИ МЕТОДОМ ЭПИЛАМИРОВАНИЯ

Изнашивание рабочих поверхностей направляющих элементов штампов для выполнения разделительных операций листовой штамповки возникает в результате трения сопрягаемых деталей и характеризуется постепенным изменением размеров в связи отделения с поверхностей трения микрочастиц металла.

Процесс изнашивания направляющих элементов (колонка-втулка) по скорости элементарных актов разрушения относится к медленному процессу, вызванному усталостным изнашиванием, являющимся следствием циклического воздействия усилия штамповки на микровыступы трущихся поверхностей.

Установлено, что направляющие элементы, изготовленные из сталей 20, 40Х разделительных штампов изнашиваются после 400–500 тыс. рабочих ходов пресса и не могут обеспечить сохранение строгого центрирования рабочих частей штампа, а, следовательно, первоначально установленного зазора между матрицей и пуансоном [1].

Надежность и долговечность системы особенно важна при проектировании твердосплавных штампов. Применение в их конструкциях направляющих колонок и втулок из стали 20, прошедших цементацию и закалку, делает штампы неравнопрочными. Направляющие элементы изнашиваются раньше, чем твердосплавный инструмент. Увеличение зазора между втулкой и колонкой в этом случае недопустимо, так как зазоры между матрицей и пуансоном малы, что при высокой хрупкости твердого сплава совершенно недопустимо.

Основной причиной разрушения поверхностных слоев трущихся деталей связано с возникновением усталостных трещин и отделением микроскопических чешуек металла или его окислов. В отдельных случаях отделение частиц может происходить в результате наклепа поверхностного слоя, который становится хрупким и разрушается. При разрушении рабочих поверхностей направляющих элементов имеют место два вида разрушения: контактная усталость, которая возникает при скольжении и проявляется в развитии местных очагов разрушения и усталостный износ, когда при трении скольжения отделение микрообъемов поверхностей связано с усталостной природой разрушения.

Сопряжение направляющая колонка – втулка работает в условиях неполной смазки.

Направляющая пара штампов показана на рис. 1. Она состоит из колонки 5, закрепленной в плите 4, и втулки 2, запрессованной в плите 3. В верхней части колонки выполнено торцевое отверстие 1, заполняемое смазывающей жидкостью. Равномерно по наружному диаметру колонки располагаются два ряда отверстий. Причем первый ряд расположен в горизонтальной плоскости, а отверстия второго ряда наклонены к оси колонки под определенным углом.

В процессе работы штампа внутренняя поверхность втулки и контактирующая с ней поверхность колонки постоянно смазываются жидкостью, которая через систему отверстий поступает в зону трения.

На рис. 2 показана другая конструкция направляющей пары элементов штампа. Колонка 1 крепится в нижней плите 2. На верхнем торце колонки выполнено центральное отверстие, закрытое пробкой 4. В этой пробке имеется отверстие, в котором установлена и закреплена трубка 3. Внутренняя полость трубки посредством отверстия 10 соединена с фасонной кольцевой канавкой 5 на поверхности пробки. Сквозное отверстие 6 в пробке соединяет полость над смазывающей жидкостью с камерой между верхним торцом колонки и крышкой 7 втулки 9.

Фасонная кольцевая канавка 5 через радиальные отверстия соединена с канавкой 11 направляющей втулки. Канавка 12 посредством наклонных отверстий, выполненных в колонке, связана с центральным отверстием.

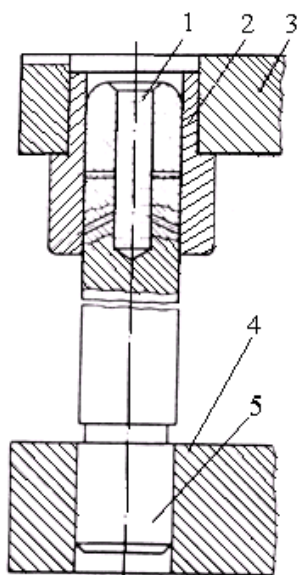


Рис. 1. Конструкция направляющих элементов штампа со свободной подачей смазки

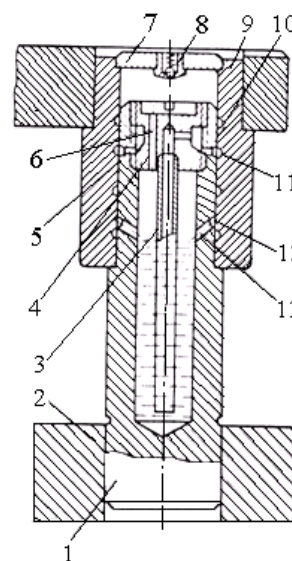


Рис. 2. Конструкция направляющих элементов штампа с принудительной подачей смазки

Смазка трущихся поверхностей колонки и втулки осуществляется следующим образом. В центральное отверстие колонки заливается смазывающая жидкость, которая под воздействием давления, создаваемого за счет уменьшения объема между торцом пробки 4 и крышки 7, поступает по трубке 3 в кольцевую канавку 5, далее через радиальные отверстия в кольцевую канавку 11 и в зону трения. В процессе работы смазка стекает по цилиндрической поверхности колонки в кольцевую канавку 12 и через наклонное отверстие 13 в центральное отверстие колонки. Для поддержания требуемого давления в камере крышка втулки снабжена обратным клапаном 8. Для предотвращения возможного удара крышки 7 о колонку последняя имеет ступенчатую форму.

Такие конструкции направляющих элементов штампов позволяют повысить износостойкость поверхностей трения, исключить возможность образования задиров, сократить расход смазывающего материала, увеличить производительность труда.

В результате между поверхностями имеет место граничное трение, когда слой смазки не превышает 0,1–0,15 мкм. В этом случае износ значительно меньше, чем при сухом трении, однако полностью его избежать не удастся, так как имеет место непосредственный контакт между трущимися поверхностями колонки и втулки, который происходит вследствие локальных повреждений граничной пленки смазки.

Большие удельные давления в направляющих элементах системы вызывают также разрыв граничной пленки, в результате чего происходит молекулярное схватывание металлов.

Эти нагрузки вызывают износ из-за усталостного разрушения микронеровностей и их пластического деформирования.

В результате проведенного анализа установлено, что повышение износостойкости деталей системы направления штамповой оснастки достигается применением новых материалов и твердых покрытий в сочетании с новыми технологиями, в частности, эпиламинированием рабочих поверхностей пар трения [2, 3].

Целью настоящего исследования является определение возможности повышения износостойкости направляющих элементов штампов для разделительных операций листовой штамповки путем нанесения антифрикционных покрытий на основе эпиламинирования.

Покрытие эпиламой (фторсодержащим поверхностно-активным веществом ПАВ) по данным работ [2, 3] позволяет снизить коэффициент трения, величину износа, увеличить ресурс и надежность работы инструмента и деталей машин.

Покрытие наносится на поверхность в виде тонкой пленки, представляющей собой мономолекулярные или близкие к ним слои, толщина которых составляет 40...100 Å, в результате чего пленка не оказывает влияния на размеры и шероховатость поверхности деталей. Поэтому данное покрытие может быть нанесено после окончательного изготовления детали и не нуждается в механической обработке. Основная особенность покрытия эпиламой заключается в способности прочного соединения с поверхностью, образуя разделительный барьер пленки с очень низким запасом поверхностной энергии, что приводит к прочному удержанию смазочных жидкостей, внесенных в узлы трения.

Технология нанесения покрытия ПАВ (эпиламинирования) достаточно проста и может быть применена непосредственно в производственных условиях.

При нанесении покрытия фторсодержащим ПАВ применялись технологии холодного и горячего покрытия.

Перед нанесением покрытия обоими способами образцы и детали очищались и промывались от продуктов механической обработки и других видов загрязнений.

При холодном способе нанесения покрытия фторсодержащим ПАВ производилось обезжиривание бензином Б-70 и ацетоном «Ч», погружение в закрытый сосуд с эпиламинирующим составом 6СФК-180-05 (ТУ-6-02-1229-82), представляющий раствор фторсодержащего ПАВ в хладона 113, выдержка в этом составе при температуре +40 °С, выемка и высушивание образцов, деталей при температуре +50 °С в течение 2 ч.

Горячий способ нанесения покрытия фторсодержащего ПАВ является более эффективным, чем холодный способ. При этом способе предварительно обезжиренные бензином Б-70 изделия (детали и образцы) на сетчатой подставке помещались в обезжиривающую емкость, плотно закрывающуюся и снабженную рубашкой для подачи горячей воды (сетчатая подставка и обезжиривающая емкость изготовлены из нержавеющей стали). Емкость была заполнена хладоном 113 ГОСТ 23-844-79 ниже уровня сетчатой подставки. Рубашка обезжиривающей емкости заполнялась подогретой от электронагревателя до +70...80 °С водой, в результате чего обеспечивалось кипение и частичное испарение хладона 113 и обезжиривание изделий его паром в течение 0,5...1,0 ч. Одновременно с этим обеспечивался непрерывный процесс улавливания и конденсации паров кипящего растворителя с помощью обратного холодильника.

Работа по обезжириванию и эпиламинированию образцов, деталей производилась с использованием специальной установки (рис. 3), имеющей три аналогичные камеры (рис. 4) с воздушной рубашкой для обогрева и охлаждения, которые могут подключаться к расположенному в верхней части установки электронагревателю или системе холодного водоснабжения. Рабочие камеры соединены двумя обратными холодильниками, предназначенными для конденсации паров рабочих жидкостей и возврата их в рабочие камеры.

По окончании обезжиривания производилось охлаждение изделий до комнатной температуры, выемка и перенос сетчатой подставки с ними в эпиламинирующую емкость, имеющую рубашку для подачи горячей воды. После этого емкость заполнялась эпиламинирующим составом 6СФК-180-05 в таком количестве, чтобы изделия были полностью покрыты. После плотного закрытия емкости, она нагревалась горячей водой до + 50 °С, что обеспечивало обработку изделия парами эпиламы в течение 0,5...1 ч. После окончания указанной обработки производилось охлаждение до охлаждающей температуры и выемка изделий с последующей сушкой и термообработкой их в электрошкаф при температуре +100...150 °С в течение 1...2 ч.

По окончании обезжиривания производилось охлаждение изделий до комнатной температуры, выемка и перенос сетчатой подставки с ними в эпиламинирующую емкость, имеющую рубашку для подачи горячей воды. После этого емкость заполнялась эпиламинирующим составом 6СФК-180-05 в таком количестве, чтобы изделия были полностью покрыты. После

плотного закрытия емкости, она нагревалась горячей водой до +50 °С, что обеспечивало обработку изделия парами эпиламы в течение 0,5...1 ч. После окончания указанной обработки производилось охлаждение до охлаждающей температуры и выемка изделий с последующей сушкой и термообработкой их в электрошкаф при температуре +100...150 °С в течение 1...2 ч.

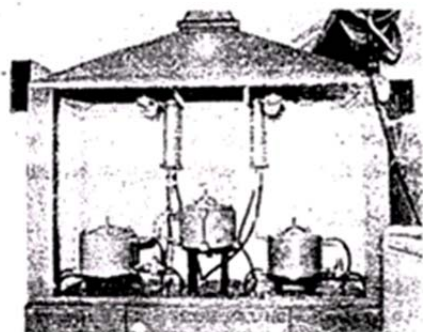


Рис. 3. Общий вид установки эпиламирования



Рис. 4. Работающая камера установки (с открытой крышкой) с расположенными на сетчатой подставке эпиламируемыми изделиями

После окончания нанесения покрытия ПАВ обоими способами изделия, подлежащие хранению, во избежание коррозии смазывались дизтопливом.

Поскольку покрытие эпиламой выдерживает удельное давление до 300 кг/мм², термостабильно до 400°С и прочно удерживается на поверхности не только твердых, но и эластичных материалов – эта технология была нами предложена к применению для деталей втулок и колонок.

Для проверки влияния эпиламирования на износостойкость деталей, были проведены лабораторные испытания образцов на машине трения УМТ-1 при следующих условиях:

- предел силы прижатия образцов 400...4000 Н;
- диапазон изменения частоты вращения шпинделя – 15...3000 м/мин;
- диапазон изменения момента силы трения – 2...40 Нм.

Конструкция испытательной установки машины позволяла производить испытания образцов по схемам: диск – палец, вал – втулка, кольцо – кольцо. Она оснащена электромеханическим моментомизмерителем и подключена к самопишущему потенциометру КСП-4. Машина оснащена счетчиком количества оборотов шпинделя, автоматическим отключением установки при достижении определенного регулируемого момента трения, другими устройствами.

Испытания проводились при подобранной в процессе испытаний нагрузке прижатия 400 Н в течение 450 000 циклов (оборотов), частота вращения 320 м/мин.

Для проведения лабораторных испытаний были подготовлены партии деталей «вал-колонка», изготовленные из стали 40Х с последующим нанесением покрытий и термической обработкой.

Покрытие эпиламой термообработанных и азотированных поверхностей образцов деталей валов втулок, представляет собой раствор ПАВ смазочной композиции 6СФК-180-05 в хладоне 113, обладающий высокой адгезионной способностью, уменьшающей трение в 5–6 раз и служащий гидродинамической смазкой. При нанесении покрытия ПАВ на рабочие поверхности происходит необратимый процесс адсорбции ПАВ в виде мономолекулярного или близкого к нему слоя толщиной не более $(3...5) \times 10^{-3}$ мкм. Пленка уменьшает до минимума непосредственный контакт между микронеровностями трущихся деталей, препятствует возникновению между ними слоев молекулярного притяжения, что снижает силы трения до 6–8 раз. Пленка выдерживает нагрузки до 3 000 МПа (на уровне прочности основного материала), что дает основания отнести этот процесс к нанотехнологиям.

Длительность испытаний, подобранная опытным путем, составляла 8 часов. Принятые условия проведения испытаний более жесткие по сравнению с натуральными, поскольку при работе на испытательном стенде рабочие поверхности пары «вал-штулка» постоянно подвержены контакту и трению.

Результаты испытаний образцов на износостойкость приведены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты испытаний образцов на износостойкость

Варианты покрытия	Износ образцов, мкм		
	образец 1	образец 1	обоих образцов
Термообработка обоих образцов	6...8	6...8	12...16
Азотирование обоих образцов	5...6	5...6	10...12
Покрытие ПАВ (эпилама) азотированной поверхности образцов	0,9...1,5	0,9...1,5	1,8...3
Покрытие ПАВ (эпилама) термообработанной поверхности образцов	1...2	1...2	2...4

Полученные результаты показывают, что для всех испытываемых образцов в начальный период испытаний происходит приработка поверхностей, сопровождающаяся некоторым уменьшением, а затем стабилизацией момента трения и ростом, а затем стабилизацией температуры образцов.

Как видно из табл.1 износ образцов с термообработанной и азотированной поверхностями отличается незначительно.

Применение образцов с покрытием ПАВ по азотированной и термообработанной поверхностям сопровождалось значительным повышением их износостойкости.

ВЫВОДЫ

Основной причиной износа и нарушения работы прецизионных пар направляющих элементов разделительных штампов является абразивный износ. Износостойкость технологическими методами может быть повышена путем нанесения покрытий с более высокой твердостью с гарантированным удержанием на поверхностях трения разделяющей их пленки. Покрытие ПАВ, нанесенное на азотированную и термически обработанную сталь 40X, обеспечивает суммарное повышение износостойкости в 3–5 раз.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Полевой С. Г. Упрочнение металлов [Текст] : справочник / С. Г. Полевой, В. Ф. Евдокимов. – М. : Машиностроение, 2005 – 227 с.
2. Рыжих В. Н. Эпламирование деталей штампов [Текст] / В. Н. Рыжих, Л. Г. Гулянский // Вопросы оборонной техники. – М. : НТЦ «Информатика», 1991. – Сер. II. – Вып. 2 (231). – С. 37–39.
3. Мовшович А. Я. Основные направления развития научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в современных условиях [Текст] / А. Я. Мовшович, Н. Д. Жолткевич // Вопросы оборонной техники. – М. : НТЦ «Информатика», 1993. – Вып. 3 (247). – 68 с.

Мовшович А. Я. – д-р техн. наук, проф. УИПА;

Дерябкина Е. С. – ст. преп. УИПА;

Федосеева М. Е. – ассистент УИПА;

Ищенко М. Г. – инженер-технолог ОАО «Турбоатом».

УИПА – Украинская инженерно-педагогическая академия, г. Харьков.

ОАО «Турбоатом» – Открытое акционерное общество «Турбоатом», г. Харьков.

E-mail: fedmari251985@mail.ru

Статья поступила в редакцию 12.10.2012 г.