Опыт создания малого инновационного предприятия по производству сложнопрофильного инструмента и деталей машин

В. П. Строшков, к. т. н., доцент, кафедра управления интеллектуальной собственностью, Уральский федеральный университет, генеральный директор ООО «Поток-ПТЛ», г. Екатеринбург e-mail: 9122117246@rambler.ru



Разработан метод скоростного высокоточного электрохимического формообразования (СВЭХФ) сложнопрофильного инструмента и деталей машин, в основе которого лежит способ импульсно-циклической электрохимической размерной обработки в потоке нейтрального водного электролита. Технология позволяет максимальной производительностью, высокой точностью (до нескольких микрон) и низкой

шероховатостью поверхности (10–100 нм) обрабатывать твердые и вязкие высоколегированные стали, используемые для изготовления инструментов, штампов, пресс-форм, специальные и титановые сплавы, используемые для изготовления турбинных лопаток, различные композиционные материалы. Авторами разработки создано малое инновационное машиностроительное предприятие.

Ключевые слова: скоростное высокоточное электрохимическое формообразование (СВЭХФ), импульсноциклическое электрохимическая размерная обработка в потоке нейтральных водных электролитов, геометрически сложные поверхности деталей машин, низкая шероховатость поверхности, высокая точность обработки.

Введение

Активное использование электрохимической размерной обработки (ЭХРО) металлов и сплавов в технологии машиностроения и приборостроения пришлось на 60-е-80-е годы ХХ века. Однако практически с самого начала применения ЭХРО возникла проблема точности обработки. Максимально достижимая разработанными к тому времени способами электрохимического формообразования точность обработки достигала ±0,03 мм. В результате в конце 1970-х гг. в Германии, а следом за ними в других странах мира были свернуты все НИОКР в области прикладной ЭХРО и создания оборудования для машиностроительных производств. Все интеллектуальные усилия были сосредоточены на развитии электроэрозионной и 5- и 6-координатной механической обработки.

Разработаны способы импульсно-циклической электрохимической размерной обработки в потоке нейтрального водного электролита (защищены патентами РФ на изобретение №№ 2226142, 2240901, 2240210, 2283735, 2305614 и патентами РФ на полезную модель №№ 27514, 74843), позволяющие достигать точности обработки, лежащей в полях допусков ±0,005 мм. Значения основных параметров шероховатости обра-

зующейся в результате обработки поверхности лежат в диапазоне от 10 до 100 нм в зависимости от химического состава обрабатываемых материалов. Производительность (съем материала ~0,5 мм³/мин·мм²) в несколько раз превышает существующие методы 3D-металлообработки: электроэрозионную и механическую, а, учитывая, что не требуется термообработка, финишная доводка и полировка поверхности после обработки — в 8–10 раз. Данные способы легли в основу метода скоростного высокоточного электрохимического формообразования (СВЭХФ) изделий из различных классов материалов.

В данном методе анодное растворение материала заготовки происходит при импульсном наложении анодного потенциала в потоке нейтрального водного электролита, синхронизированного с механическими колебаниями катода-инструмента, направленными нормально к поверхности заготовки. В результате ионный массоперенос используется как высокоточный инструмент, позволяющий получать сложные по конфигурации поверхности с острыми (если необходимо) режущими кромками, с высоким классом шероховатости, не требующие финишной доводки. Образующийся при этом поверхностный слой не имеет термомеханической напряженности, прижогов,

рисок и заусенцев, микротрещин, присутствующих при традиционных методах металлообработки. Заготовка может быть предварительно термообработана до необходимой твердости. Решена наиболее важная проблема — это поддержание минимально возможной величины межэлектродного промежутка, позволяющей максимально точно воспроизводить геометрические размеры изделия при обеспечении наиболее полного удаления продуктов анодного растворения заготовки. Для конструирования и изготовления необходимой технологической оснастки, в том числе катода-инструмента, используется компьютерное 3D-моделирование и системы интегрального конструирования и производства.

Технология позволяет обрабатывать твердые и вязкие высоколегированные стали, специальные и титановые сплавы, различные композиционные материалы, в том числе интерметаллиды (Ni3Al, Ti3Al), магнитные сплавы (Sm-Co, Nd-Fe-B), керметы, твердые сплавы на основе карбидов, нитридов оксикарбонитридов переходных металлов 4—6 групп периодической системы элементов. Продукты анодного растворения, представляющие ультрадисперсные (размеры частиц лежат в нанодиапазоне) порошки оксидов обрабатываемых материалов, могут использоваться в качестве сырья или полуфабрикатов для применений в области катализа, создания наноструктурированных композитов, в том числе и для решения задач укрепления оборонного комплекса

Преимущества метода СВЭХФ перед механической (МО) и электроэрозионной (ЭЭО) обработками заключается в следующем. Производительность ЭХФ на порядок выше производительности МО и ЭЭО. Бесконтактное формообразование — как следствие, нет износа электрода-инструмента, получение качественной поверхности. Обработка труднообрабатываемых материалов, термообработанных сталей и сплавов. Обработка тонкостенных и хрупких материалов. Удаление дефектного слоя, вызванного предыдущей обработкой. Изготовление деталей сложной формы одной операцией. Высокое качество получаемой поверхности, в том числе низкая шероховатость, не требующее ручной финишной доводки (рис. 1). Параметры шероховатости: 10-20 нм для никелевых жаропрочных сплавов; 20-60 нм для инструментальных сталей. Точность импульсно-циклического электрохимического формообразования инструментальных и конструкционных сталей, жаропрочных специальных

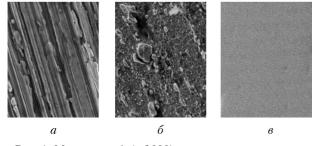


Рис. 1. Микрорельеф ($\times 2000$) поверхности инструментальной стали X12 после: a- механической обработки; b- электроэрозионной обработки; b- СВЭХФ

сплавов $\pm 0,005$ мм. Обработка детали и формирование полированной поверхности объединена в единый процесс. Абсолютная воспроизводимость геометрических размеров серийно изготовленных деталей, сохранение физических и механических свойств обрабатываемого материала, устранение финишных операций и ручной полировки.

Изготовление резьбонакатного инструмента для производства винтов-саморезов

Сегодня в мире выпускается великое множество самонарезающих и самосверлящих винтов с различными потребительскими свойствами и функциями. Нормативная база настолько обширна, что практически одинаковые изделия у разных производителей имеют свои характерные особенности. И наряду с этим многообразием существуют жесткие стандарты DIN, ISO, UNI, ГОСТ и др.

Вследствие сложного рельефа рабочих поверхностей резьбонакатная плашка является одним из наиболее трудоемких в изготовлении металообрабатывающих инструментов. Это связано с технологией изготовления, где каждая канавка фрезеруется отдельно. Резьба, накатанная такими плашками, имеет очень острый профиль и хорошо сформированный буравчик. Однако, при изготовлении механическим способом, а именно, фрезерованием на станке с ЧПУ, поверхность плашки покрыта заусенцами, встречаются микротрещины, шлифовочные прижоги и прочие концентраторы механических напряжений. Кроме того, после термообработки изготовленной плашки, происходит обезуглероживание поверхностного слоя, что приводит к снижению износостойкости инструмента.

Сравнительные испытания, проведенные на одном из метизных предприятий России, показали, что комплект плашек для производства самонарезающего винта с пресс-шайбой $4,2\times19$, изготовленный методом СВЭХФ (рис. 2), накатывает до 2000000 изделий, в то время как азиатские и российские плашки, изготовленные фрезерованием — до 1000000 винтов-саморезов.

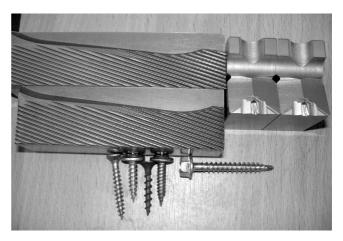


Рис. 2. Комплекты резьбонакатных плашек для производства винтов саморезающих с пресс-шайбой 4,2×19, изготовленные методом СВЭХФ на предприятии «Поток-ПТЛ» (Екатеринбург)

Это вызвано тем, что при использовании метода СВЭХФ происходит удаление обезуглероженного поверхностного слоя, который появляется в результате термообработки. Для сравнения немецкие плашки накатывают до 400000 винтов, но их стоимость в 4-5 раз выше российских и азиатских. Стоимость комплекта плашек, изготовленного методом СВЭХФ, сопоставима со стоимостью китайских и тайваньских плашек. Поэтому удельная цена конечной продукции (винта-самореза), произведенного таким инструментом, самая низкая. Кроме того, предлагаемым методом возможно неоднократное восстановление изношенных комплектов накатных плашек, причем любых производителей. Данная технология успешно внедрена на предприятии ООО «Поток-ПТЛ» (Екатеринбург) и позволяет изготавливать до 400 комплектов резьбонакатных плашек в месяц.

Изготовление пресс-форм, чеканочных штампов, форм для резины

Метод СВЭХФ может быть успешно реализован при изготовлении рабочих поверхностей различного сложнопрофильного инструмента: пресс-форм для термопластавтоматов, чеканочных штампов, форм для резинотехнических изделий (рис. 3). Для 3Dмоделирования объектов, процессов и субъектов данной технологии нами используется программное обеспечение надлежащей конфигурации: CAD/CAMсистемы фирмы DELCAM — PowerShape/PowerMill, а также программные продукты ArtCAM, SolidWorks и т. п. При этом создание сложного рельефа инструмента и деталей машин с необходимостью выполнения высоких требований по точности геометрических параметров и шероховатости поверхности сочетается в условиях реального производства с возможностью формирования поверхностного слоя изделия с гарантированным отсутствием в нем изменений фазовоструктурного состояния и заданным распределением остаточных механических напряжений. Это позволяет исключить финишную доработку поверхности получаемого изделия, а также значительно сократить ресурсо- и трудозатраты, что, в свою очередь приводит к существенному снижению себестоимости инструмента или деталей машин.

СВЭХФ турбинных лопаток

К недостаткам существующих способов изготовления турбинных лопаток относятся большое количество операций; высокая трудоемкость и, как следствие, высокая стоимость и неабсолютная воспроизводимость. Кроме того, многообразные методы лезвийной обработки и финишные операции создают в поверхностном слое лопатки сложную, нестабильную по качеству наследственность, которая влияет на термомеханическую стойкость лопатки. Нестабильная микрогеометрия поверхности лопатки, изготовленной существующими способами отрицательно сказывается на пространственное течение нагретого газа в геометрически сложной турбинной решетке (и так имеющее турбулентную природу), в частности на входные условия, канальные и подковообразные вихри, течение в ближнем следе за выходной кромкой, а также явления ламинарно-турбулентного перехода на поверхности лопаток.

Разработанная в результате НИОКР технология позволяет изготовить несколько лопаток компрессора газотурбинного двигателя одновременно (рис. 4). Причем электрохимическое формообразование пера и замка лопаток осуществляется за один цикл обработки, что решает проблему погрешности их взаимного позиционирования. Кроме того, данный метод полностью исключает механическую обработку и ручную финишную доводку, что приводит к получению качественной бездефектной поверхности изделия. Трудозатраты на электрохимическую обработку одновременно 8 лопаток 10 ступени составляют 1 ч. Данным методом изготовлена и передана на стендовые испытания на ОАО «Уральский завод гражданской авиации» опытная партия лопаток 10-й ступени ротора компрессора газотурбинного двигателя вертолета МИ-8.

Инновационные аспекты

Сфера действий данной технологии обработки материалов направлена на принципиальное изменение методов производства высоконагруженных деталей машин и механизмов, а именно на возможность соединить формообразование и формирование высококачествен-

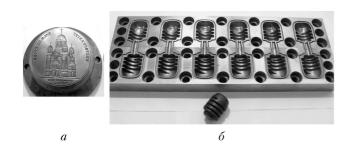


Рис. 3. Чеканочный штамп памятной медали (а); полуматрица 72-местной пресс-формы для производства буферов крышки капота BA3-21010 (б)



Рис. 4. Турбинные лопатки, изготовленные методом СВЭХФ: лопатки ротора компрессора 10 ступени двигателя ТВД-2

ного поверхностного слоя в единый процесс. Это позволяет исключить финишную доработку поверхности получаемого изделия, а также значительно сократить ресурсо- и трудозатраты, что, в свою очередь приводит к существенному снижению себестоимости инструмента или деталей машин. Предлагаемая технология позволяет изготавливать из различных труднообрабатываемых и практически необрабатываемых существующими методами материалов детали сложной формы с высокой точностью и качеством поверхности. Продукты анодного растворения представляют собой ультрадисперсные (область наноразмеров) порошки оксидов обрабатываемых материалов, которые могут быть использованы в качестве сырья или полуфабрикатов в нанотехнологиях.

История компании

В 2005 г. авторами разработки в результате победы проекта «Разработка технологии высокоточного электрохимического формообразования турбинных лопаток» в конкурсе СТАРТ-2005 было создано предприятие ООО «Поток-ПТЛ», а в 2008 г. в аналогичном конкурсе победил проект «Разработка технологии серийного изготовления плоских резьбонакатных плашек». В первые годы своего существования наше предприятие принимало активное участие в венчурных ярмарках и выставках, в том числе 6 венчурной ярмарки в Санкт-Петербурге 6-7 октября 2005 г., 2 венчурной ярмарки в Екатеринбурге 1–3 ноября 2006 г. В последующие годы ориентировались на специализированные выставки. Эта смена маркетингового направления была вызвана пониманием того, что лучше в данной конкретной временной и рыночной ситуации (кризис 2008–2009 гг.) полагаться на свои силы.

Инновационный менеджмент

В настоящее время кроме выпуска инструмента для метизной промышленности (плоские резьбонакатные плашки, холодновысадочные пуансоны) предприятием выпускается различная машиностроительная продукция: пресс-формы для термопластавтоматов, литьевые формы, чеканочные штампы для ювелирной промышленности, различное оборудование для пищевой промышленности. Причем наш бизнес построен таким образом, что отдельные технологические циклы или производственные процессы изготовления продукции или комплектующих передаются предприятиямсмежникам на аутсорсинг. Такая стратегия управления позволяет оптимизировать функционирование организации за счет сосредоточения деятельности на главном направлении — разработке, реализации и продаже новых технологий скоростного высокоточного электрохимического формообразования.

Причем на аутсорсинг мы передаем также существенную часть бизнес-процессов, а именно: ведение налогового и бухгалтерского учета, реклама, транспорт. Что же касается производственного аутсорсинга, то наше предприятие самостоятельно занимается проектированием, электрохимическим формообразованием, контролем, сбытом продукции. Все остальные производственные процессы переданы аутсорсерам.

Таким образом, мы получаем конкурентные преимущества перед другими машиностроительными предприятиями как российскими, так и, главным образом, китайскими и тайваньскими. Во-первых, это возможность сосредоточиться на основном бизнесе. Кроме того, это перераспределение ресурсов организации, ранее задействованных во второстепенных функциях и направлениях. Во-вторых, снижение затрат. При-



a







в

Рис. 5. Награды на различных российских и международных выставках: а—серебряная медаль Conference on International Exchange of Professionals and High-Tech Exhibition 19–21.09.2006 г. КНР, Шеньянь;

б

6— диплом о награждении золотой медалью Международного салона инвестиций и инноваций ВВЦ, Москва, февраль 2008 г.;

s-диплом о награждении золотой медалью Международного салона инноваций и инвестиций, Женева, 04.04.2008 г.

влечение аутсорсера дешевле содержания собственной структуры, занимающейся подобной деятельностью. В-третьих, доступ к технологиям и решениям более высокого уровня, которых нет у нашей фирмы, а также возможность воспользоваться услугами высококвалифицированных работников, содержание который у себя в штате экономически не оправдано.

Уроки

Однако следует признать, что с каждым годом экспансия высококачественной и дешевой машиностроительной продукции из стран Юго-Восточной Азии (прежде всего Китая) нарастает. Известно, что страны ЕС для поддержки собственных производителей резьбонакатного оборудования и инструмента, равно как производителей метизной продукции, в 2010 г. ввели высокие таможенные пошлины на ввоз азиатских метизов и инструмента для производства метизов. Механизмы поддержки малых инновационных предприятий, работающих в сфере производства средств производства, в нашей стране также существуют и достаточно эффективны, однако жесткая конкурентная борьба с китайскими фирмами продолжается.

Экспертная оценка метода СВЭХФ

Разработанный метод неоднократно удостаивался самых высоких наград на различных российских и международных выставках. Наиболее значимые из них:

- серебряная медаль Conference on International Exchange of Professionals and High-Tech Exhibition 19–21.09.2006 г. КНР, Шеньянь;
- золотая медаль VII московского международного салона инноваций и инвестиций, Москва, ВВЦ, 5–9.02.2007 г.:
- золотая медаль международного салона инноваций и инвестиций, Женева, 04.04.2008 г. (рис. 5).

Experience of creation of the small innovative enterprise to manufactory complex tools and machine components

V. P. Stroshkov, Ph.D., associate professor, Department of Intellectual Property Management, Ural Federal University, general director, Ltd. «The flow-PTL», Ekaterinburg.

A method of high-speed high-precision electrochemical shaping (HSHPES) of complex tools and machine components, which is based on impulse cyclic electrochemical dimensional machining in the flow of a neutral aqueous electrolyte, was developed. This technology allows one to process with maximum efficiency, high precision (up to several microns) and low roughness of the surface (10–100 nm) hard and tough high-alloy steels, used in toolmaking, dies and press molds. It can be applied to special alloys and titanium alloys for manufacturing of turbine blades, and to different composite materials, including intermetallic compounds, oxide-metal materials, hard alloys on the basis of carbides, nitrides, oxycarbonitrides of transition metals.

Keywords: high-speed high-precision electrochemical shaping (HSHPES), impulse cyclic electrochemical dimensional machining in the flow of a neutral aqueous electrolyte, complex tools and machine components, low roughness of the surface, high precision.

Всероссийская информационно-практическая конференция «Государство. Наука. Бизнес: механизмы взаимодействие в инновационной сфере» в Москве

Автономная некоммерческая организация «Центр информационно-аналитической и правовой поддержки органов исполнительной власти и правоохранительных структур» приглашает принять участие в информационно-практической конференции «Государство. Наука. Бизнес: механизмы взаимодействия в инновационной сфере», которая состоится 13 февраля 2013 г. в гостиничном комплексе «Президент-отель» Управления делами Президента Российской Федерации (Москва, ул. Большая Якиманка, д. 24).

Мероприятие пройдет в рамках информационно-публицистической программы «Россия сегодня: Государство. Наука. Бизнес».

В рамках конференции состоится пленарное заседание, посвященное государственной поддержке инновационных проектов, будут озвучены результаты конкурсов научных проектов в рамках программ государственного финансирования. Пройдут круглые столы, где будут вести дискуссию экспертные группы федерального и регионального уровней, планируется обсуждение вопроса экономической безопасности инновационных проектов.

Цель конференции — объединить представителей научной сферы, бизнеса, государственной власти и профессиональных экспертов в области инноваций.

Информационно-практическая конференция «Государство. Наука. Бизнес: механизмы взаимодействия в инновационной сфере» станет значимым событием в череде деловых мероприятий, посвященных инновационному развитию экономики страны. Конференция будет интересна предприятиям имеющим потребность в инновационных разработках, мероприятие даст возможность провести переговоры с разработчиками инновационных проектов и планирует собрать около 250 профессионалов из разных регионов России.

Работа конференции будет организована в форме пленарного и секционных заседаний.

Участие в конференции бесплатное, при обязательной предварительной регистрации. Заявки принимаются до 11 февраля 2013 г. по электронным адресам: info@ano-info.ru или ano@ano-info.ru.

Телефоны для справок: +7(495) 682-77-87, +7(499) 706-80-30.