

РАЗВИТИЕ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОЙ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ В ФТИ НАН БЕЛАРУСИ

К 60-летию электроэрозионного способа обработки металлов

А.И. Бушик, к.ф.-м.н., ведущий научный сотрудник

В этом году научная общественность отмечает 60-летие регистрации эпохального изобретения Б.Р. Лазаренко и Н.И. Лазаренко. Значение этого изобретения не только в том, что открылись новые возможности выполнять формообразующие операции без силового воздействия, без резца, и не только в том, что оказалось возможным обрабатывать закаленный металл, а в том, что оно стимулировало поворот мысли к использованию средств немеханического воздействия на материал. Этим был существенно расширен арсенал революционных технологий.

55 лет своей научной деятельности посвятил изучению основ этого способа и технологическим разработкам на его основе старейший сотрудник Физико-технического института НАН Беларуси д.т.н., лауреат Государственной премии БССР Михаил Константинович Мицкевич. С его именем связано становление и развитие электроэрозионной обработки в республике Беларусь. Им непосредственно и под его руководством выполнены фундаментальные исследования физического явления электрической эрозии металлов, разработан ряд оригинальных технологических процессов формообразования поверхностей деталей.

На первый курс БПИ М.К. Мицкевич поступил в год изобретения Б.Р.Лазаренко. После окончания института директор ФТИ С.И. Губкин своего дипломника направил на работу в лабораторию электрофизики, которой руководил к.ф.-м.н. И.Г. Некрашевич. Как самостоятельное научно-исследовательское подразделение эта лаборатория оформилась в 1947 году. Научная тематика ее, определявшаяся проблемой физики электрических контактов, была расширена в область исследования физического явления электрической эрозии металлов, как основы новых электроэрозионных методов обработки. Эти методы с начала своего возникновения развивались в двух направлениях - размерного формообразования и легирования поверхности деталей. Координация тематики лаборатории осуществлялась ЦНИЛ ЭЛЕКТРОМ АН СССР, которую возглавлял Б.Р. Лазаренко, а исследования физических основ этого способа курировал Б.Н. Золотых.

Начинать исследования приходилось с нуля.



Аппаратуры практически не было, были приобретены только установки ЭИСК-03 для электроэрозионного прошивания и КЭИ-1 для легирования. Необходимых средств также не было, но была молодость, был энтузиазм изготавливать простейшие установки, на которых получали первые сведения о многогранном, загадочном явлении – электрической эрозии металлов.

В 1950 году лаборатория пополнилась выпускником физико-математического факультета Белорусского государственного университета И.А. Бакуто. В лаборатории четко определились два различающихся по методике исследования направления. Одно из них было сосредоточено на изучении процессов в единичном сильноточном разряде (Некрашевич И.Г., Мицкевич М.К., Бакуто И.А.), другое – на изучении электроэрозионной стойкости материалов при серийном следовании разрядов (Афанасьев Н.В., Миткевич С.П.).

Исследовались: электрическая (пробивная) прочность чистых и загрязненных жидких диэлектриков; геометрические параметры эрозионных следов на электродах от единичных разрядов; давление на электроды, развиваемое при разрядах в жидкости; связь величины эрозии с теплофизическими свойствами металлов; динамика спектральных линий; электроискровое упрочнение инструмента и др.

Популярность новых методов обработки материалов привлекла внимание к ним и другие лаборатории института. Так, исследованиями структуры поверхности, образующейся после электроискрового упрочнения, занималась лаборатория металловедения под руководством академика К.В. Горева., а изготовлением гравюр ковочных штампов – лаборатория обработки металлов давлением под руководством академика С.И. Губкина. В БПИ на кафедре физики Н.В. Афанасьевым и в БГУ на кафедре физики И.Г. Некрашевичем были созданы небольшие коллективы, приступившие к исследованиям физики явления электрической эрозии.

Среди других важным был вопрос об использовании сталей в качестве электродного материала. Многочисленные попытки применения их в качестве электрода-инструмента заканчивались безрезультатно. Поэтому в литературе установился

взгляд о невозможности использования сталей в качестве электродов-инструментов. В одной из попыток И.А. Бакуто удалось на установке ЭИСК-03 электродом из инструментальной стали углубиться в заготовку из стали на небольшую глубину. И.Г. Некрашевич, как опытный педагог и экспериментатор, увидел в этом перспективу и поручил М.К. Мицкевичу заняться изучением причин нестабильности процесса обработки при использовании электродов из стали. Исследования, проведенные по методике единичных разрядов, показали существенное различие в величинах эрозии сталей в зависимости от их химсостава. А на поверхности, подвергшейся эрозии, были обнаружены образования, напоминавшие вытянутые из расплава полусферические оболочки. В этих опытах разряд заканчивался контактированием электродов. Процесс электроэрозионной обработки (ЭЭО), протекающий при межэлектродном промежутке в сотые доли миллиметра при использовании электродов из сталей систематически прерывался из-за образования металлических мостиков. Причина нестабильности процесса заключалась в склонности сталей к свариванию через продукты эрозии, образующиеся в жидко-капельной фазе. Для разрыва образующихся металлических мостиков было решено использовать вибрации, сообщаемые одному из электродов. В этих целях была изготовлена простейшая установка с менее инерционным приводом подачи электрода – электромеханическим – и с вибрационным устройством. Из литературы следовало, что вибрации электрода стабилизируют процесс обработки за счет «поршневого» действия, якобы способствующего очистке межэлектродного промежутка от продуктов эрозии. Однако оказалось, что с увеличением амплитуды вибраций резко снижается величина эрозии электродов. Следовательно, существовала другая причина. Потребовалось изучение влияния параметров вибрации на процесс ЭЭО. Осциллографирование этого процесса при различных условиях позволило установить роль вибраций. Она заключалась в упорядочении следования импульсов тока и в распределении их по напряжению. Решение уравнения, связывающего движение вибрирующего электрода с соответствующим изменением напряжения на электродах (при использовании релаксационного генератора импульсов) позволило определить соотношение параметров импульсных разрядов и параметров вибрации, при которых обеспечиваются оптимальные условия обработки. Полученные сведен-



Б.Р. Лазаренко

ния были использованы в экспериментальных исследованиях обрабатываемости различных инструментальных сталей. Были определены наиболее эрозионноустойчивые стали (Х12М), а также целесообразность определенного сочетания пар сталей. Наиболее устойчиво процесс ЭЭО осуществляется при использовании импульсных разрядов с высокой плотностью энергии, обеспечивающей эрозию электродов в паробразной фазе. В этом случае проявляется наименьшее эрозионное разрушение у высоколегированных сталей, где на единицу удаляемого объема металла требуются большие затраты энергии, чем у других сталей. Эти исследования явились предпосылкой для разработки технологических процессов ЭЭО.

Кроме исследования влияния на эрозионный процесс низкочастотных колебаний непосредственно М.К. Мицкевичем были проведены исследования воздействия колебаний ультразвуковой частоты (23 кГц). Было обнаружено, что на чистовых режимах обработки ультразвук расширяет возможности осуществления процесса при малых энергиях разрядов, при которых в обычных условиях процесс ЭЭО прекращается. Попытка воздействовать на «внутреннюю» сторону разряда используя ультразвуковые колебания мегагерцевых частот (0,8-1,5 мГц), длительность периода которых одного порядка с длительностью разряда, привела к неожиданному результату. Исследуя влияние ультразвука на начальную стадию разряда - на пробой межэлектродного промежутка, было обнаружено его упрочнение. Промежуток между электродами, пробиваемый при отсутствии ультразвука при сотых и десятых долях миллиметра, в присутствии ультразвука редко пробивался при 0,005 мм, а чаще разряд проходил при контактировании электродов с появлением эрозионного следа диаметром в десятки раз меньшим, чем без воздействия ультразвука. В то же время осциллограммы свидетельствовали о прохождении полноценного импульсного разряда. Обнаружено также, что результаты воздействия ультразвука сохраняются в течение суток.

Обобщение экспериментальных и теоретических исследований в этой области было положено в основу кандидатской работы Михаила Константиновича. Оппонировали его работу Е.Г. Коновалов и Е.М. Макушок.

В 1968 году его назначают заведующим лабораторией электрофизики. В 1970 году он принимает участие в 3-ем Международном симпозиуме (г. Вена) (рис. 1), где докладывает о результатах своих работ, а в 1971 году на конференции в Ти-

мишоаре (Румыния) выступает с докладом об обработке сталей. Там он встречается с ведущими специалистами в области новых методов обработки – с Б.Н. Золотых, Б.И. Ставицким, Н.К. Фотеевым, Е.В. Холодным, М.В. Щербаком, Кашеевым В.Д., с которыми устанавливаются творческие научные контакты.

С 1968 года под руководством Мицкевича М.К. проводятся работы по разработке технологии изготовления штампов с использованием электродов из стали. Первый штамп (рис. 2) был изготовлен для Минского радиозавода без слесарной доработки. Используя блок удлиненных пуансонов, обработка проводилась с тыла матрицы до выхода пуансонов на ее лицевую сторону. Затем пуансоны закреплялись в пуансонодержателе эрозированной частью. На этот технологический процесс было получено а.с. 395217. Устранение трудных слесарных работ явилось прорывом в технологии изготовления штампов.



Рис. 1. 3-й международный симпозиум. г. Вена (Мицкевич М.К. – второй слева)

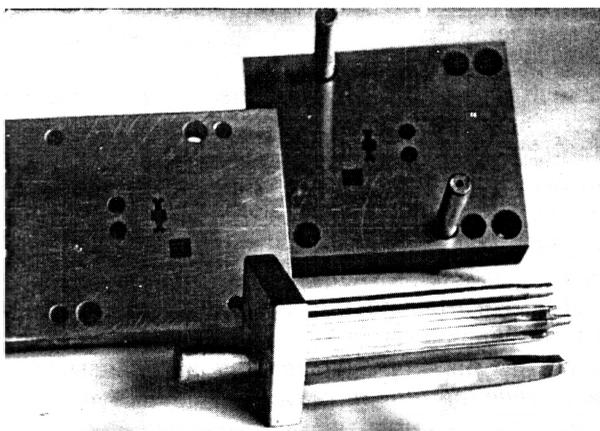


Рис. 2. Первый штамп, изготовленный по технологии с использованием электродов из стали без слесарной доработки

В то же время выполнение этой пионерской разработки вызвало необходимость решения множества новых вопросов. Среди них - интенсификация процесса обработки, управление величиной зазора в сопряжении, обеспечение точно-

сти полости по глубине, повышение стойкости штампов и т.д.

В начале 70-х годов создается специальное конструкторско-технологическое бюро, по реализации результатов исследований в производство. Конструкторско-технологический сектор СКТБ с ОП был создан и при лаборатории электрофизики, его возглавил В.К. Малышкин.

В целях выявления наиболее перспективных областей применения способа ЭО металлов М.К. Мицкевич с группой сотрудников лаборатории и сектора СКТБ обследовали около тридцати машиностроительных предприятий республики. Было выявлено множество объектов, где новые методы могли бы найти эффективное применение. Среди них – разделительные и высадочные штампы, прессформы, сита, фильеры и т.д. Одной из наиболее трудоемкой продукцией являлись многопуансонные штампы. Но использование универсального оборудования практически исключалось как из-за отсутствия необходимых режимов, так и из-за недостаточной точности изготовления. Обращение в ОКБ Минстанкинпрома (Москва) с заказом на разработку требуемого оборудования ничего не дало. По их мнению, стоимость такого станка превысит стоимость выпускаемых универсальных станков. М.К. Мицкевичем было принято решение разработать специализированное оборудование с многоконтурным генератором импульсов, обеспечивающим обработку матриц стальными пуансонами. Для изготовления 23-пуансонных штампов была разработана конструкция 23-х контурной установки ЛЭФ-23. Предусматривалось питание каждого пуансона-электрода от отдельного контура, что должно было повысить производительность обработки. А для уменьшения объема металла, удаляемого на чистовом режиме, предусмотрена предварительная обработка электродами из меди. В этом случае установка подключалась к генератору импульсов серии ШГИ от универсального станка. Первая специализированная установка была изготовлена на Борисовском заводе автотракторного электрооборудования (БАТЭ). Точность обработки обеспечивалась за счет технологической оснастки. По разработанной технологии в 1975 году было изготовлено 40 штампов (рис.3), а в 1978 – 447 штук. Трудоемкость изготовления штампа была снижена со 116 нормочасов до 49. При этом стойкость штампов возросла в 2,3 раза. Аналогичные установки были изготовлены на Алтайском заводе автотракторного электрооборудования. Высокая эффективность технологии и дешевизна оборудования привлекла внимание специалистов отрасли «Союзавтоэлектроприбор». Руководство отрасли поручило заводу БАТЭ по линии собственного станкостроения обеспечить заводы отрасли станками. Было изготовлено бо-

лее 70 модернизированных 30-контурных установок ЛЭФ-24 (рис. 4) для АТЭ-1 и АТЭ-2 (Москва), АТЭ-3 (Ржев), КЗАТЭ (Куйбышев), ХЭЗ (Херсон), АЗТЭ (Рубцовск), ОЗАТЭ (Орджоникидзе), а также предприятий в городах Лысково и Вязниках (Горьковская область). Установки приобрели Челябинский приборостроительный, Тюменский медоборудования, Гомельский ЗИП и др.

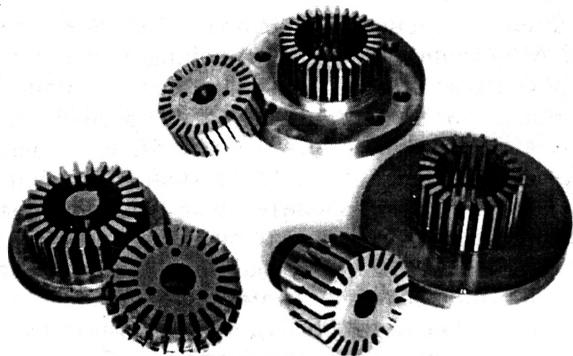


Рис. 3. Многопуансонный вырубной штамп

В то же время штампы других типов (с большей или меньшей величиной зазора в сопряжении) изготавливать по предложенной технологии было невозможно. Надо было найти высокоэффективные способы изготовления промежуточных электродов для предварительной обработки, разработать способы обеспечения заданных величин зазоров. Для этого была собрана информация о применяемых штампах и их особенностях со многих заводов. Штампы были разделены на группы по характерным признакам, для каждой из них необходимо было разработать свою типовую технологию.

Одним из предложенных способов явился аналог ультразвукового, реализуемый от вибрационных устройств промышленной частоты. А технология, основанная на этом способе, получила название «двойного копирования» (а.с. 828532).

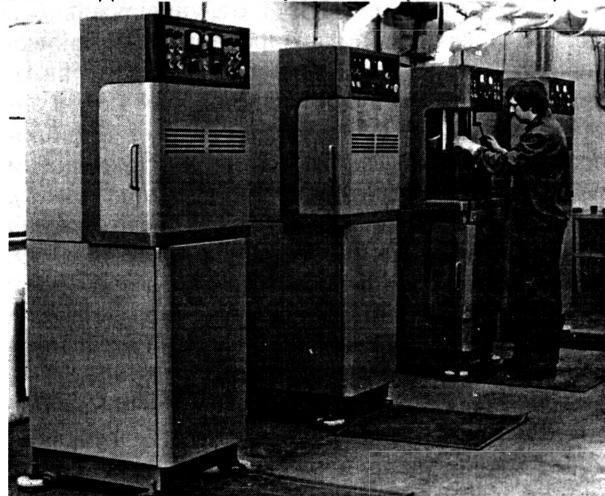


Рис. 4. Установка ЛЭФ-24 (год внедрения 1979) для чистовой обработки матриц

Суть ее состоит в том, что с пуансона снимают слепок – точную копию его профиля. Под торец заготовки электрода из углеграфита вводят абразивный порошок. Под действием вибраций углеграфит, из-за абразивного действия порошка разрушается. Остающаяся часть электрода проходит через полость слепка, приобретая эквидистантный профиль, размеры сечения которого меньше размеров слепка на 1,6-1,7 величины диаметра частиц порошка. Изменяя дисперсность порошка и режим ЭЭО можно получить желаемые размеры полости. Таким образом на чистовую операцию остается малый и равномерно распределенный по контуру припуск.

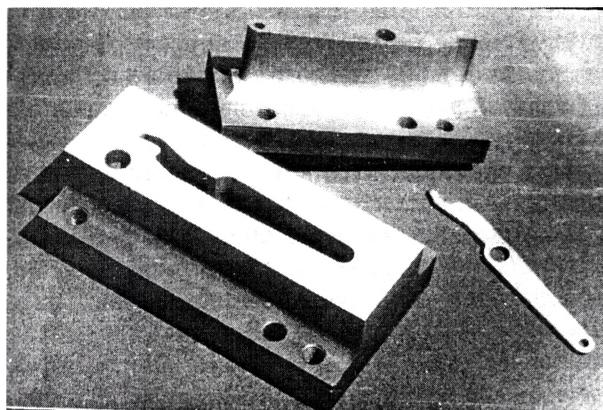
На основе этого способа создан ряд других технологических схем, которые положены в основу изготовления штампов с зазорами в 0,1 мм и больше. По мастер-пуансону изготавливают полость в заготовке электрода из углеграфитовой пластины, а стержневой электрод – по предложенному методу. С помощью этой пары электродов можно изготавливать и полость в матрице и «обшивать» заготовку пуансона и что особенно важно, пуансонов фланцевого исполнения. С помощью такой пары электродов можно изготовить 8-12 одинаковых штампов рис. 5. Поскольку разработанная технология предназначена для изготовления штампов с большими зазорами, процесс обработки проводился на интенсивных по скорости съема металла режимах. Это обеспечивало существенное увеличение стойкости штампов – до 3 раз. Толщина закаленного поверхностного слоя в этом случае значительно больше, чем на чистовых режимах.

Во время отладки технологии изготовления штампов по способу «двойного копирования» завод АТЭ-2 посетил министр автомобильной промышленности В.Н. Поляков, который дал высокую оценку разработкам.

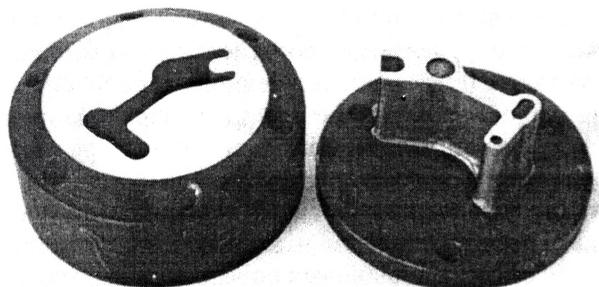
В целях автоматизации процесса изготовления электродов был разработан ряд вибрационных устройств и специальный станок, (рис. 6) который был передан одному из предприятий Амурска, где также был организован электроэрозионный участок.

Была также поставлена задача разработать технологию изготовления штампов с переменной по контуру величиной зазора. Такие штампы предназначены для вырубki деталей из полосы клиновидного сечения, в частности для вырубki ламелей генератора. Было найдено оригинальное решение – формообразование полости в матрице с помощью удлиненного пуансона со скошенным под определенным углом. Кроме поступательного движения пуансону сообщается орбитальное движение с убывающей амплитудой круговых осцилляций. Изменение амплитуды осуществляется от копира. В результате электродом, имев-

шем в сечении прямоугольник, изготавливалось отверстие в матрице трапециидальной формы. Это явилось принципиально новым решением, признанным изобретением.



а



б

Рис. 5. Рабочие части штампов, изготовленные по способу "двойного копирования"

Обширная работа была проведена по разработке технологии изготовления многопуансонных штампов и их классификации.

Одновременно, решались три задачи – изготовление полостей в матрице, обеспечение требуемой величины зазора между рабочими элементами штампов и повышение стойкости их за счет равномерности зазора по контуру и упрочнения рабочей поверхности матрицы, сохраняющейся после переточки.

В отличие от традиционной технологии задача обеспечения точного расположения полостей в матрице переносилась на позиционирование пуансонов.

В 1968-1970 годах на 2-ом Московском часовом заводе появились станки с программным управлением электродом-проволокой, с помощью которых можно вырезать любой профиль полости в деталях. Перспективность технологии вырезания проволочным электродом и противопоставление ее прошиванию профильным побудило М.К. Мицкевича сравнить их по затратам времени, по эффективности, т.е. найти нишу каждого из способов. Эта работа явилась основой методологии определения затрат времени на выполнение раз-

личных технологий. Так, технология, основанная на вырезании эффективнее при изготовлении штампов с полостями небольших размеров и большой глубины, малозазорных штампов, при их единичном изготовлении. Разрабатываемая в лаборатории технология эффективнее при изготовлении штампов с развитым периметром полостей с небольшой высотой рабочей части, а также многопуансонных и при серийности штампов свыше трех. Обширная информация, полученная при разработке технологии и оборудования давала возможность сформулировать задачи дальнейших исследований и разработок.

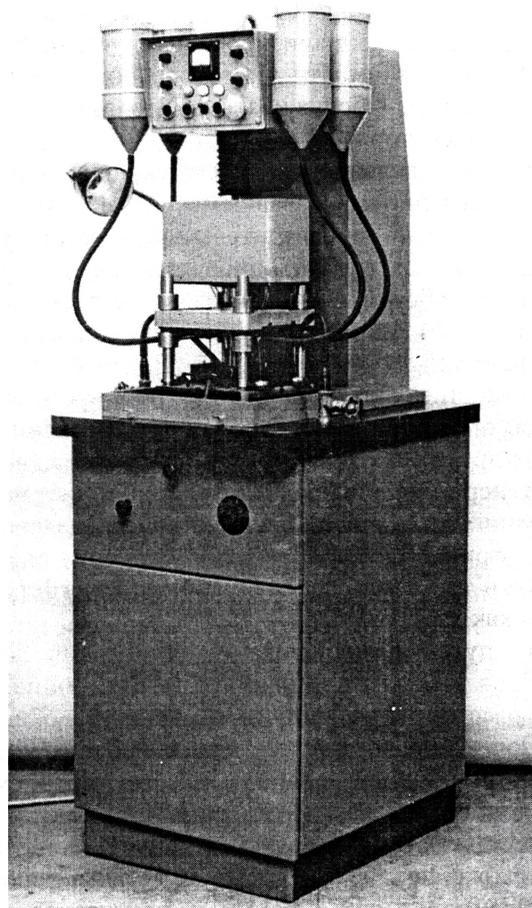


Рис. 6. Станок для виброобразивной обработки

На основе процесса формообразования полостей в матрицах пуансонами, работающими в качестве сопрягаемой пары, был сформулирован принцип «технологической пары». Эта замечательная особенность способа электроэрозионной обработки, оказывается, ранее была использована для взаимной приработки мукомольных валков. Причем такую равномерность прилегания поверхностей валков невозможно получить путем механической обработки. Другая работа – это взаимная приработка зубчатых колес больших диаметров и модулей, устраняющая шумы, суще-

ствуют и другие пары деталей, взаимная обработка которых может быть весьма эффективной.

М.К. Мицкевичем был рассмотрен вопрос о соотношении затрат времени на выполнение операций предварительной и окончательной обработки полостей. Было показано существование трех областей: первая, где превалируют затраты времени на предварительную обработку, вторая – где они равны и третья, где доминируют затраты времени на окончательную обработку. Сделано заключение о целесообразности создания технологических линий электрообработки, где в зависимости от типоразмеров штампов будет находиться одна специализированная установка для предварительной обработки и 2-4 для окончательной. При этом стоимость специализированных установок в 4-5 раз ниже стоимости универсального шлифовочного станка. Обслуживать такую линию может один оператор.

Другим направлением интенсификации процесса ЭЗО, выкристаллизовавшемся из анализа затрат времени на предварительную и чистовую операции явился способ одновременной двухрежимной обработки. Было показано, что существует минимум затрат времени – при равенстве длительностей обеих операций. В этом случае можно организовать совмещение этих процессов в одной операции, используя два изолированных друг от друга электрода, питаемых соответственно от генератора для предварительной и чистовой обработки. Это условие было четко определено с учетом припусков на обработку, скорости съема металла и т.д. Это предложение было зарегистрировано как изобретение.

Поиск путей интенсификации технологических процессов электроэрозионной обработки инициировал рассмотрение вопроса о структуре общей технологии обработки металлов, обладающей достаточной универсальностью. Эта проблема была концептуально разработана И.А. Бакуто и М.К. Мицкевичем. Исходными явились следующие положения. Всякая деталь имеет две основные характеристики – форму и физическое состояние материала. Для получения формы детали существуют три возможности: направленное деформирование заготовки при сохранении целостности материала, наращивание материала на заготовку в нужных направлениях и направленный съем материала с заготовки. Для достижения требуемого физического состояния материала существует одна возможность – изменение внутренней структуры. Все эти возможности предопределены атомной структурой материала. Реализация этих возможностей в отдельности и в чистом виде позволяет получать простейшие элемен-

тарные идеальные процессы, которые лежат в основе технологии обработки материалов.

Таким образом, можно представить четыре элементарных процесса – деформации, конструкции, деструкции и изменения структуры. Комбинируя их можно получить 75 видов процессов. Для осуществления каждого процесса необходима затрата энергии, т.е. совершена некоторая работа. Осуществление любого вида процесса может быть произведено путем некоторого силового воздействия и изменения состояния материала. В связи с этим способ обработки будет определяться схемой сил и уровнем внутренней энергии, необходимыми для осуществления данного вида процесса. Один и тот же вид процесса может быть осуществлен не одной схемой сил, а некоторым набором их. Таким образом, способов обработки может быть больше, чем видов процессов. Каждый вариант процесса содержит множество режимов, определяемых воздействием на материал. В таком представлении технология обработки материалов приобретает вид упорядоченной структуры, определяемой основными физико-механическими величинами. Это должно позволить анализировать любой технологический процесс с позиций фундаментальных наук, что может облегчить поиск новых способов обработки.

При разработке технологического процесса изготовления малозазорных штампов было предложено использовать орбитальное движение электрода. В этих целях был разработан малогабаритный механизм, обеспечивший проведение работ с регулированием амплитуды осцилляций и частоты их (а.с. 1484514).

Однако ранее проводившимися экспериментально не были раскрыты причины нарушения этого процесса и образующихся погрешностей формы полости. Разработкой математической модели этого процесса были показаны причины этого – отставание съема металла с одних поверхностей полости относительно других. Были определены границы изменения амплитуды осцилляций и необходимость использования ряда переходов. Также рассмотрены причины образующихся погрешностей в остроугольных частях полостей при использовании технологических схем формообразования с обратным и двойным копированием и орбитальным движением электродов.

Погрешности формы в остроугольных элементах полости возникали также в технологических процессах со схемами обратного и двойного копирования при обработке с орбитальным движением электрода. Они также были детально рассмотрены и определены параметры осцилляций, обеспечивающие требуемую точность. Рассмотр-

рены возможные погрешности при прямом и обратном копировании и даны рекомендации по предпочтительности использования этой или иной схемы формообразования.

Эти и другие разработки явились основой докторской диссертации М.К. Мицкевича (1985 г.) и вошли в монографию «Электроэрозионная обработка металлов» (1988 г.). По отдельным вопросам этого направления защищены кандидатские диссертации (Миткевич С.П., Авсеевич О.И., Бушик А.И., Мрочек Ж.А., Эйзнер Б.А., Девойно И.Г., Малышкин В.К.). По результатам работ были получены дипломы и медали ВДНХ СССР и БССР. Руководитель работ М.К. Мицкевич был награжден бронзовой, серебряной и золотой медалями ВДНХ СССР и БССР. Авторскому коллективу этих работ была присуждена Государственная премия БССР (1980г.). Лабораторию посетили сотни специалистов, деятелей науки и техники, руководители Республики. Среди них президенты Академии наук СССР и УССР академики А.П. Александров и Б.Е. Патон (рис. 7). Высокую оценку работам дал академик Н.Д. Кузнецов. С разработками института и лаборатории ознакомились секретарь ЦК КПБ П.М. Машеров и министр станкостроения А.И. Костоусов, чл.-корр. АН СССР, зам. начальника НИАТ П.Н. Белянин.



Рис. 7. На переднем плане: Мицкевич М.К. и Патон Б.Е.

В 80-х годах под руководством Мицкевича М.К. проводились разработки в направлении изготовления прессформ для литья, множества отверстий в листовом материале.

Характерной особенностью литейных прессформ является наличие узких, глубоких пазов и т.д., что вызывает большие трудности при слесарно-механическом методе и практически исключается использование электрохимического способа формообразования. Для решения задачи было предложено разбивать гравюру на элементы, для которых можно несложным образом изготавливать электрод. Затем в зависимости от профиля гравюры производить обработку отдельными электродами или блоками их в зависимости от глубины элементов профиля. В этом случае возникают высокие требования к обеспечению точного позиционирования электродов, к базированию их относительно заготовки и друг друга.

Электроэрозионный способ весьма эффективен при изготовлении множества отверстий в листовом материале благодаря одновременной обработке. Так, для Барановичского «Торгмаша» была разработана оснастка и технология изготовления 1600 отверстий диаметра 1,4 мм в протирочных ситах. Взамен фиксации электродов-проволочек путем заливки припоем был предложен способ механического крепления их, что существенно упростило эксплуатацию приспособления. Эта разработка использовалась на заводе более десяти лет. Затраты времени на изготовление отверстий в детали составили сорок минут по сравнению с двумя часами при сверлении и при полном отсутствии заусенцев и деформации пластины.

В начале девяностых годов Совмин республики обратился с просьбой помочь деревообрабатывающим предприятиям в обеспечении инструментом. Сотрудники лаборатории термокинетики взялись за разработку способа упрочнения материала и изготовления ножей с линейной формой режущей кромки, а лаборатория электрофизики – с фасонной. В этом случае и вырезание проволочным и копирование профильным электродом являются равноценными по затратам средств и времени. Однако способу копирования было отдано предпочтение в связи с тем, что повторное использование профильных электродов для перезаточки ножей обеспечивает существенное снижение затрат, так как устраняются затраты на изготовление электродов (рис 8).

Потенциальные возможности способа ЭЭО чрезвычайно широки. С его помощью можно выполнять самые различные формообразующие операции, в частности, изготовление на внутренних поверхностях деталей спирального рельефа

поверхности. Так, используя известную схему формообразования винтовой поверхности, разработан технологический процесс изготовления накатного инструмента ролик-сегменты для Речицкого метизного завода (рис 9).

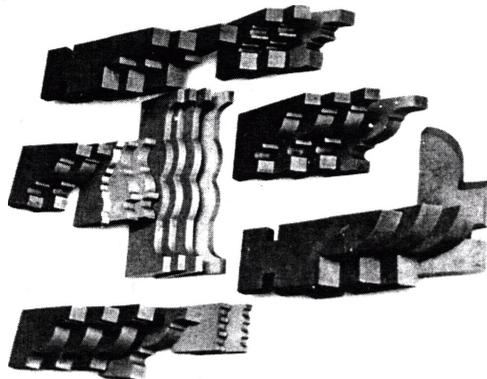


Рис. 8. Характерные профили ножей для деревообработки

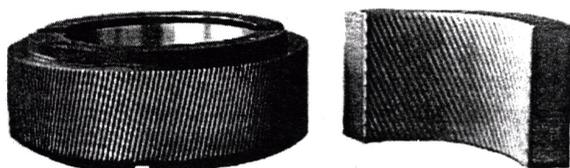


Рис. 9. Накатной инструмент (ролик и сегмент) для изготовления неизвлекаемого крепежа

К числу разработок в области инструмента для пищевой промышленности следует отнести разработку технологии и создание оснастки многоместного приспособления для изготовления фильер с узкими щелями (рис 10). При выполнении работ М.К. Мицкевичем было найдено новое решение в изготовлении фильер для изделий с замкнутым контуром – в одном корпусе. Обычно для такой продукции фильеры изготавливают составными из двух или более деталей.

В результате многолетних работ в области электрофизических методов обработки, в области производства инструментов сложилось определенное представление о путях дальнейшего развития инструментального производства в целом, о чем свидетельствуют публикации.

В 1955г. была предложена гипотеза электроэрозионного процесса, суть которого заключалась в дискретной миграции одиночного электродного пятна с высокой плотностью энергии на поверх-

ности материала, приводящего к его разрушению. Результаты исследований пространственно-временного развития сильноточного импульсного разряда явились неопровержимым подтверждением реальности миграционной гипотезы разряда. Гипотеза получила признание ряда выдающихся деятелей науки.

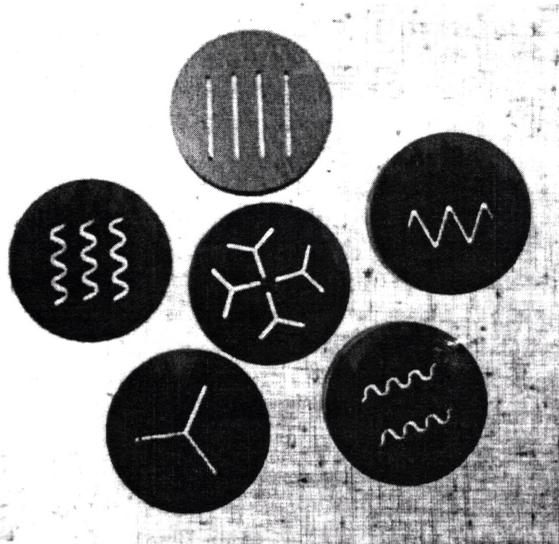


Рис. 10. Фильеры для чипсов

М.К. Мицкевич известен научной общественности в нашей стране и за рубежом, как ведущий специалист в описанной нами области науки и практики. Ему принадлежит более 180 научных публикаций и 30 изобретений, им подготовлены 5 кандидатов наук. Результаты его научных исследований докладывались на многих международных и союзных конференциях и симпозиумах.

В течение многих лет М.К. Мицкевич являлся членом Научного совета при АН УССР, более 10 лет был председателем ГЭК машиностроительного факультета БПИ, членом ГЭК одного из факультетов БГУИРа, является членом экспертного совета ВАК РБ в области машиностроения. М.К. Мицкевич унаследовал многое от своего отца – Якуба Коласа. В свободное время в часы вдохновения он для себя и для друзей пишет прекрасные стихи, поэмы, эпиграммы.

Михаил Константинович полон сил, и плодотворных идей, и вдохновения. Он на пути дальнейших свершений.

Няхітрая справа папасці нагою у пракладзены след, значна цяжэй, але затое і пачэсней, пракладваць шлях самому.

Якуб Колас