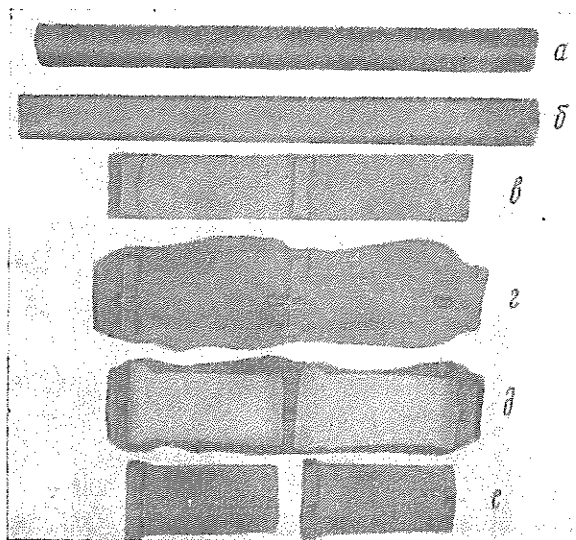


ИЗОТЕРМИЧЕСКАЯ ШТАМПОВКА МНОГОШТУЧНЫХ ЗАГОТОВОК МАЛОГАБАРИТНЫХ ЛОПАТОК

В настоящее время в мировой технологии двигателестроения считается общепризнанным, что для изготовления высокоточных сложнопрофильных заготовок из титановых сплавов обработкой давлением наиболее эффективным способом является штамповка в изотермических условиях. Однако широкое распространение процесса изотермической штамповки сдерживает низкая производительность вследствие малой скорости деформирования, а также повышенный расход металла на оформление хвостовиков, поэтому при создании нового технологического процесса получения малогабаритных лопаток из титановых сплавов решались задачи повышения производительности изотермической штамповки путем одновременного деформирования нескольких заготовок и увеличения КИМ за счет применения рациональной предварительной групповой заготовки с последующей многошпучной изотермической штамповкой с созданием благоприятной схемы оформления хвостовиков.

Разработанный технологический процесс (см. рисунок) включает следующие основные операции:



Технологические переходы разработанного процесса:

a — исходная заготовка; *b* — подкат; *c* — периодический прокат; *d* — поковка, полученная многошпучной изотермической штамповкой; *e* — обрезка облоя; *e* — поковка после калибровки

отрезка исходной заготовки, предварительное формообразование заготовок продольной периодической прокаткой; рубка на групповые заготовки по 2—3 штуки; многошпучная изотермическая штамповка в многоручьевом штампе по 4—6 заготовок лопаток; изотермическая калибровка.

В качестве предварительной формообразующей операции используется производительный процесс прокатки периодических профилей, осуществляемый на стане 4СП-2 с усилием в валках с закрытым калибром 1200 кН при частоте вращения валков 30 об/мин.

Рубка проката на групповые заготовки производится на эксцентриковом прессе усилием 700—2500 кН. После укладки групповых двух—трехшпучных заготовок в ручьи штампа осуществляется изотермическое деформирование на гидравлическом прессе ПА-2638, оснащенный нагревательной установкой УИС-280, со скоростью 0,8—1,2 мм/с. Относительная деформация составляет 20—30%. Чтобы облегчить удаление поковок из гравюры штампа, предусмотрены технологические поднутрения в разных частях штампа. Обрезка облоя одной групповой поковки производится в обрезном штампе за 2—3 хода пресса. Для устранения возможных искажений пера после штамповки и обрезки облоя поковки калибруются в изотермических условиях.

По новой технологии отштамповано 330 поковок лопаток 4-й ступени из сплава ВТ8М под холодное вальцевание пера. Металлографические и прочностные исследования показали их соответствие требованиям технических условий на лопатку.

Разработанный технологический процесс изготовления лопаток компрессора четвертой ступени закрытой периодической прокаткой и дальнейшей многошпучной изотермической штамповкой в двухручевом штампе одновременно 4 заготовок лопаток под холодное вальцевание пера по сравнению с процессом точной объемной штамповки периодических профилей обеспечивает увеличение КИМ с 0,35 до 0,43 и повышение производительности изотермического деформирования в 3—4 раза.

Наиболее эффективно использование разработанного процесса для получения малогабаритных лопаток под последующее шлифование пера, включая лопатки с антивибрационными полками, двумя перазвитыми хвостовиками или цапфами.

Канд. техн. наук А. Л. АБУГОВ, канд. техн. наук И. Л. БАРШАЙ, канд. техн. наук Е. Э. ФЕЛЬДШТЕЙН,
канд. техн. наук В. А. ГРИБАНОВСКИЙ, Н. Ф. ШУТОВ, Ф. А. БУРЦЕВА

ИГЛОФРЕЗЕРНАЯ ЗАЧИСТКА ЗАУСЕНЦЕВ НА ЗАГОТОВКАХ ЛОПАТОК, ПОЛУЧЕННЫХ ЗАКРЫТОЙ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ ПРОКАТКОЙ

Механизация ручного труда является одной из важнейших задач современного машиностроения. Использование ручной зачистки заусенцев требует значительных затрат времени и сводит к минимуму

преимущества высокопроизводительного автоматизированного оборудования, применяемого для получения заготовок и механической обработки деталей.

Невозможность получения заготовок лопаток закрытой периодической прокаткой без заусенцев обусловила необходимость механизации зачистки заусенцев с применением высокопроизводительных методов. Одним из таких методов зачистной обработки является иглофрезерование — процесс микрорезания проволочным инструментом с высокой плотностью набивки игл (70—80%) [1, 2].

Для обеспечения гарантированного удаления заусенцев было рассмотрено понятие заусенца, его геометрических параметров и структуры материала. Заусенец — это излишек металла на кромках поверхностей заготовки, образующийся в результате течения металла при обработке давлением и резанием.

Корень заусенца (КЗ) — участок заготовки лопатки, прилегающий к металлу заусенца, имеющий сходную структуру, но не выходящий за пределы поверхностей заготовки.

Базовая поверхность заусенца (БПЗ) — поверхность заусенца, образованная свободным течением металла при сдвиге. В случае формирования заусенца на полосе при прокатке БПЗ расположена со стороны основной поверхности полосы.

Торцовая поверхность заусенца (ТПЗ) — поверхность заусенца, образованная течением металла при сдвиге формообразующей поверхности инструмента. В случае формирования заусенца на полосе при прокатке ТПЗ расположена со стороны торца полосы.

Вершина заусенца (ВЗ) — поверхность заусенца, образованная БПЗ и ТПЗ.

Для решения задачи удаления заусенца с заготовки лопатки прежде всего следует уточнить величину удаляемого слоя. При этом с одной стороны следует стремиться к ее минимизации, так как величина слоя прямо пропорциональна производительности обработки. Но, с другой стороны, стремление свести эту величину к минимуму не должно сопровождаться сохранением дефектных зон на самой лопатке, поскольку это в конечном итоге может привести к ее разрушению.

При выборе критерия, по которому можно оценить глубину дефектного слоя, было принято во внимание, что заготовки лопаток прокатываются в закрытых валках. Известно, что внутренняя структура металла в результате пластической деформации становится неоднородной. Возникают различия по величине, форме и ориентировке зерен металла. Различия в структуре характеризуются относительным количеством зерен присутствующих фаз и локальной агрегацией внутри отдельных зерен, поэтому для исследований был принят металлографический метод. В ходе предварительного анализа с помощью микроскопа «Рейхерт» (Австрия) было зафиксировано изменение микроstructures в зоне заусенцев у лопаток, полученных в открытых и закрытых валках. Характерными дефектами являются, во-первых, отчетливо выраженное течение слоев металла вдоль заусенцев с образованием текстуры; во-вторых, наличие в этой зоне изменений фазового состава и свойств, выраженных проявлением слаботравленных светлых участков.

Характер дефектов зависит от технологии формирования лопатки и ее заусенца. Так, для высоких непрерывных заусенцев, полученных в закрытых валках, зафиксировано интенсивное течение металла в зону заусенца с одновременным измельчением

зерен (рис. 1). В некоторых случаях в крупных и мелких заусенцах отмечаются узкие участки сильно текстурированного металла, выходящие из зоны

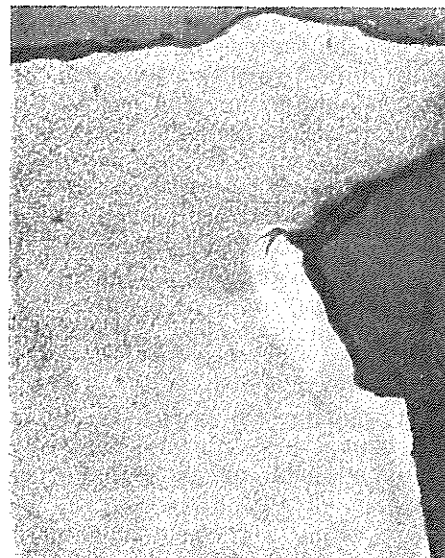


Рис. 1. Микроструктура крупных заусенцев ($\times 100$)

перехода лопатки в заусенец и направленные в тело лопатки (рис. 2). И, наконец, в микроstructures мелких заусенцев в большинстве случаев, как и в

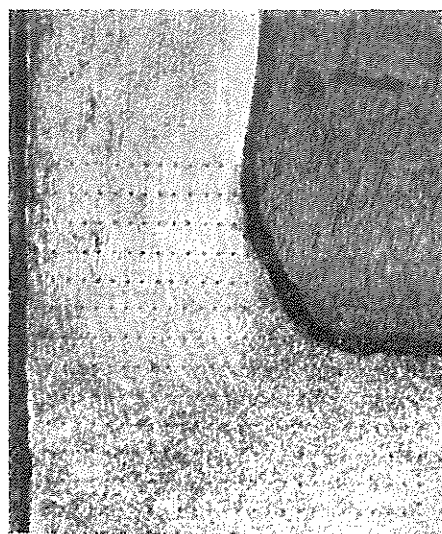


Рис. 2. Участок локальной текстуры ($\times 500$)

микроstructures лопаток, наблюдаются слаботравленные участки (рис. 3).

Изменение микроstructures, как было сказано выше, предполагалось использовать для определения границ дефектной зоны, которую требуется удалить иглофрезерованием. Однако полученные результаты металлографического анализа (за исключением показанных на рис. 1) вряд ли можно трактовать однозначно, поэтому дополнительно были выполнены исследования микротвердости зон заусенцев, в ходе которых было проведено сканирование зоны с шагом уколов $0,05 \times 0,1$ мм (см. рис. 1). Полученные данные позволили зафиксиро-

ать заусенцы трех типов: крупные, с ярко выраженным упрочнением; мелкие, с разупрочнением непосредственно заусенца, но с упрочнением тела лопатки вблизи заусенца; мелкие с разупрочнением заусенца без упрочнения тела лопатки. Анализ расположения точек повышенной микротвердости позволяет дать рекомендацию по величине припуска,

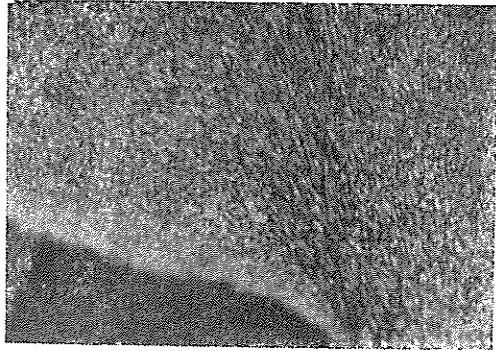


Рис. 3. Микроструктура мелких заусенцев (×100)

нимаемого иглофрезерованием. Его следует снимать под углом 45—55° к основной поверхности лопатки. Это обеспечит гарантированное удаление как заусенца, так и дефектного упрочненного слоя без повреждения тела лопатки.

Наличие у заусенца двух основных поверхностей — БПЗ и ТПЗ дает возможность обрабатывать его цилиндрическим инструментом по двум схемам: базовое удаление заусенца (БУЗ), то есть со стороны БПЗ, и торцовое удаление заусенца (ТУЗ), то есть со стороны ТПЗ.

Иглофрезерование характеризуется применением двух схем установки режущего инструмента: жесткой и упругой [3]. Жесткая — схема установки ЖСУ), при которой ось иглофрезы занимает фиксированное положение относительно обрабатываемой поверхности. Упругая схема установки (УСУ) определяется возможностью изменения положения инструмента при обеспечении постоянного контакта с обрабатываемой поверхностью.

Были выполнены исследования влияния указанных схем установки инструмента и схем удаления заусенца на критерий удаления заусенца. Ввиду наличия двух схем установки иглофрезы (ЖСУ и УСУ) и двух схем удаления заусенца (БУЗ и ТУЗ) проводились четыре серии экспериментов: ЖСУ — БУЗ, ЖСУ — ТУЗ, УСУ — БУЗ, УСУ — ТУЗ.

Иглофрезерование осуществлялось цилиндрической иглофрезой (наружный диаметр 200 мм, ширина рабочей части 35 мм, диаметр и вылет игл соответственно 0,4 и 24 мм) со скоростью резания 5 м/с, продольной подачей 0,25 м/мин, усилием прижатия иглофрезы к обрабатываемой поверхности 150—200 Н. Обработке подвергались заготовки лопаток из титановых сплавов.

Относительное расположение иглофрезы и заготовки определялось углом φ между плоскостью, перпендикулярной ТПЗ, и плоскостью, проходящей через ось вращения иглофрезы и ВЗ (рис. 4). При удалении заусенца на полосе проката угол φ находился в пределах 0—90°. При проведении экспериментов были рассмотрены следующие значения углов $\varphi=0; 15; 30; 45; 50; 55; 60; 70; 75$ и 90°.

Угол φ задавался двумя координатами X и Y (см. рис. 4), значения которых определялись следующими зависимостями:

$$X = \frac{D}{2} (1 - \cos \varphi), Y = \frac{D}{2} \sin \varphi,$$

где D — наружный диаметр иглофрезы.

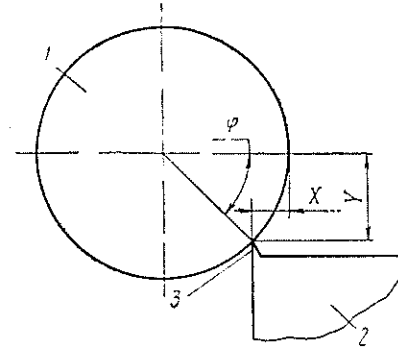


Рис. 4. Схема относительного расположения иглофрезы и заусенца: 1 — иглофреза; 2 — лопатка; 3 — заусенец

Необходимые величины указанных координат, а следовательно и угла φ обеспечивались перемещением стола универсально-фрезерного станка 6М82. Иглофреза устанавливалась на выходном валу специального устройства, осуществляющего передачу вращения иглофрезы от шпинделя станка и возможность реализации ЖСУ и УСУ. Заготовка устанавливалась в установочно-зажимное приспособление.

Оценка степени удаления заусенца проводилась визуальным и мануальным методами. Были приняты три возможных варианта: заусенец не удален (НУ), заусенец частично удален (ЧУ), заусенец удален полностью (УП). Результаты экспериментальных исследований определения оптимального с точки зрения полного удаления заусенца на заготовках лопаток положения иглофрезы относительно заусенца приведены в таблице.

Степень удаления заусенца при различных сочетаниях схем установки иглофрезы

Угол φ , град	ЖСУ — БУЗ	ЖСУ — ТУЗ	УСУ — БУЗ	УСУ — ТУЗ
0	НУ	НУ	НУ	НУ
15	НУ	НУ	УЧ	НУ
30	УЧ	НУ	УЧ	НУ
45	УЧ → УП	УЧ	УЧ → УП	УЧ
50	УП	УЧ	УП	УЧ
55	УП	УЧ	УП	УЧ
60	УЧ	УЧ	УЧ	УЧ
75	УЧ	УЧ	НУ	УЧ
90	УЧ	УЧ	НУ	НУ

Как следует из таблицы, предпочтительными являются соотношения ЖСУ — БУЗ, УСУ — БУЗ в интервале значений угла $\varphi=45-55^\circ$. Однако применение ЖСУ при цилиндрическом иглофрезерова-

нии ограничивается контактом иглофрез с хвостовиком лопатки.

Таким образом, оптимальным сочетанием исследованных схем с точки зрения полного удаления заусенца является упругая схема установки иглофрезы — базовое удаление заусенца. Полное удаление заусенца достигается при угле $\varphi = 45-55^\circ$. Металлографические исследования также свидетельствуют о том, что при таком расположении иглофрезы и заусенца дефектная зона корня заусенца будет полностью удалена.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баршай И. Л., Абугов А. Л. Технологические возможности процесса иглофрезерования // Машиностроение Респ. межвед. сб.— Минск.: Высшая школа.— 1986.— Вып. 11.— С. 108—112.
2. Абугов А. Л. Эффективность и перспективы применения иглофрезерования для обработки деталей машин.— Минск: БелНИИТИ.— 1987.— 40 с.
3. Абугов А. Л. Выбор схемы установки иглофрезы при обработке заготовок // Станки и инструмент.— 1987.— № 6.— с. 24—25.

А. Н. ПАВЛОВ

НЕФТЕХИМИЧЕСКИЕ СМАЗОЧНО-ОХЛАЖДАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СРЕДЫ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ

В современных условиях большую роль в повышении производительности труда в машиностроении играют комплексы нефтехимических продуктов, таких как масляные и водосмешиваемые смазочно-охлаждающие технологические среды (СОТС). Правильно подобранная СОТС позволяет резко повысить производительность труда, качество обрабатываемых деталей и узлов, особенно из титановых и жаропрочных сплавов, нержавеющей и высоколегированных сталей и сократить расход режущего инструмента.

За последние 18 лет основной организацией по разработке новых марок СОТС является ВНИИПК-нефтехим НПО «МАСМА» (г. Киев), с которым Уральский филиал НИИДа и Уфимское моторостроительное производственное объединение (УМПО) проводит совместные работы по промышленному испытанию и внедрению новых СОТС.

На предприятиях Уфы, в том числе в УМПО были испытаны СОТС марок МР-1, МР-2У, МР-5У, МР-6, МР-7, МР-4, Укринол-1, Укринол-1М, Аквол-2, Аквол-6, Аквол-10М, Аквол-11, Аквол-14, Аквол-15, МР-99, Синтал-1, Укринол-3У, Укринол-5/5, Карбамол-1 и некоторые другие.

Укринол-1, Аквол-6 применяют при обработке деталей лезвийным и абразивным инструментом, кроме зубодолбления и зубофрезерования.

При использовании Укринола-1, Аквола-2 стойкость режущего инструмента повышается на 15—30% по сравнению с СОТС марок ЭГТ, ЭТ-2.

Внедрение Аквола-11 позволяет повысить стойкость режущего инструмента на 20—25% по сравнению с Укринолом-1. Он обладает хорошими моющими свойствами и большей стойкостью к микробс поражаемости (затуханию).

СОТС Аквол-15 обладает хорошими моющими охлаждающими и смазывающими свойствами.

При шлифовании сплавов типа ЖС6У стойкость шлифовальных кругов увеличивается в 1,5—2 раза, стойкость к микробс поражаемости (затуханию) в 3—4 раза выше по сравнению с Укринолом-1.

СОТС МР-7 по техническим и санитарно-гигиеническим свойствам полностью заменяет сульфозол при работе на токарных автоматах и зубообработке.

СОТС Укринол-5/5 применяется взамен В-29 В-35 — при сверлении отверстий малого диаметра (до 5,0 мм), нарезании и накатке резьбы в нержавеющей и жаропрочных сталях и сплавах, при этом стойкость инструмента повышается на 25—50%. Кроме того, СОТС Укринол-5/5 показала хорошие результаты при перетяжке прутков из нержавеющей сталей с диаметра 4,0 мм на диаметр 3,5 мм и холодном вальцевании деталей сложного профиля из жаропрочных сталей.

Экономический эффект от внедрения новых СОТС в среднем составляет 117,0—2400 руб. в год на одну тонну продукта.

Канд. техн. наук А. Г. БЕЛЯКОВ

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ МЕТАЛЛА ПРИ ГИБКЕ ГОФРИРОВАННОГО ПРОФИЛЯ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МЕТАЛЛОРУКАВОВ ТИПА СРГС

К настоящему времени теоретические основы анализа напряженно-деформированного состояния гофрированных оболочек можно считать достаточно разработанными, однако в технической литературе нет сведений об экспериментальном определении напряжений и деформаций при гибке гофрированного профиля. С этой целью были проведены экс-

периментальные исследования напряженно-деформированного состояния на модельных образцах.

Измерения деформаций проводились с помощью метода длительных сеток, так как применение других экспериментальных методов для исследования гофрированных оболочек сопряжено с большими трудностями. Это объясняется малыми геометриче-