

шиностроения изготовления гаммы гидравлических прессов двойного действия силой от 6,3/6,3 до 120/80 МН.

2. Кафедры ОМД должны интенсифицировать работы, направленные на разработку новых и совершенствование существующих технологий изготовления поковок сложной формы.

Список литературы: 1. Глазьев С. Кризисные возможности // Военно-промышленный курьер. №45. 19-25 ноября 2008. 2. Артеc А.Э. Качество и производство поковок на подъеме? // Заготовительные производства в машиностроении.- 2005.-№4.-с.21-24. 3. Артеc А.Э. К вопросу развития отечественного машиностроения. // Заготовительные производства в машиностроении.- 2006.-№12.-с.3-6. 4. Артеc А.Э. 13-я Международная промышленная выставка «Металл-Экспо 2007» // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением.- 2008.№3.-с. 41-47. 5. Володин А.М., Сорокин В.А., Петров Н.П., Артеc А.Э., Сосенушкин Е.Н., Третьюхин В.В. Разработка инновационных технологий горячей объемной штамповки. Сборник докладов и материалов IX конгресса «Кузнец-2009», г. Рязань, 2009.С. 273-281. 6. Крук А.Т., Федоркевич В.Ф. Штамповка поковок фланцев трубопроводов на тяжелых кривошипных горячештамповочных прессах // Кузнечно-штамповочное производство. 1999. №6. С 34-40. 7. Алиев И.С., Матвийчук В.А., Савчинский В.Г. Применение процесса торцевой раскатки для изготовления фланцев трубопроводов. Сборник докладов и материалов IX конгресса «Кузнец-2009». Г. Рязань, 2009. С. 183-193. 8. Патент РФ №2245211. МКП В21 К21/00 Способ горячей штамповки фланца со втулкой. / Артеc А.Э., Вечеринин О.П., Рогозников П.А., Лыжников Е.И, Николаев В.В.: опубл. 27.01.2005. Бюл. №3. 9. Патент РФ №58964. Конструкция биметаллического воротникового фланца и инструмент для штамповки его на прессе двойного действия / Володин А.М., Артеc А.Э., Сорокин В.А., Сосенушкин Е.Н., Третьюхин В.В.: опубл. 10.12.2006. Бюл. №34. 10. Патент РФ №86510. Пуансон для горячего деформирования с наконечником одноразового использования. / Артеc А.Э., Сосенушкин Е.Н., Гуреева Т.В., Третьюхин В.В., Мячин К.М., Тимофеев В.В.: опубл. 10.09.2009. Бюл. №25. 11. Заявка на изобретение №2008 130442 РФ МКП8: В21К 1/74. Способ штамповки детали в форме «вилки». / Сосенушкин Е.Н., Артеc А.Э. и др.; заявитель ГОУ ВПО МГТУ «Станкин», приоритет 24.07.2008.

УДК 612.431.75

ТИТОВ В.А., докт. техн. наук, проф., НТУУ «КПИ», г. Киев

ТИТОВ А.В., м.н.с., НТУУ «КПИ», г. Киев

НЕКОТОРЫЕ ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ПРОЦЕССОВ ВЫГЛАЖИВАНИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

На основании комплексного анализа процесса выглаживания установлены значимые факторы контактного взаимодействия инструмента и заготовки, которые формируют параметры качества деталей. Предложены перспективные направления развития процессов.

Ключевые слова: алмазное выглаживание, упрочнение материала, остаточные напряжения, выносливость, ресурс изделий, титановые сплавы

На основі комплексного дослідження процесу вигладжування встановлено значущі фактори контактної взаємодії інструменту та заготовки, які формують параметри якості деталей. Запропоновані перспективні напрямки розвитку процесів.

Ключові слова: алмазне вигладжування, зміцнення матеріалу, залишкові напруження, витривалість, ресурс виробів, титанові сплави.

Burnishing process is complex researched. Significant factor of contact interaction of instrument and detail which making parameters of quality is established. Perspective directions of development of this processes is introduced.

Key words: diamond burnishing, hardening, residual stresses, fatigue, resource of detail, titanium alloys.

Обеспечение эксплуатационных характеристик (надежности и ресурса) изделий является важнейшей проблемой современного машиностроения. Работоспособность изделий, таких как летательные аппараты, двигатели, автомобили и других, в значительной степени зависит от качества поверхности деталей, поскольку отказ изделий происходит, как правило, вследствие повреждений усталостного характера. Известно, что зарождение усталостной трещины начинается с поверхности заготовки или в приповерхностном слое [1, 2]. Поэтому на финишных операциях изготовления ответственных деталей изделий производят их обработку методами поверхностного пластического деформирования (ППД) [3, 4]. Эта обработка позволяет улучшить параметры качества поверхностного слоя деталей, повысив тем самым надежность и ресурс изделий в целом. Одним из наиболее эффективных методов ППД является алмазное выглаживание, используемое преимущественно для осесимметричных деталей.

Обеспечение эффективности эксплуатации конструкций изделий также связано с правильным выбором конструкционных материалов. В последнее время наряду с традиционными конструкционными материалами – сталями и алюминиевыми сплавами успешно применяют титановые сплавы, которые характеризуются высокой удельной прочностью и жесткостью при хорошей коррозионной стойкости и сопротивлении усталостным нагрузкам.

Однако при использовании выглаживания для обработки титановых сплавов возникает ряд трудностей, связанных с их малой теплопроводностью, высокой адгезионной способностью, их склонностью к холодному свариванию с инструментом [3, 5]. В процессе выглаживания резко возрастают силы трения между заготовкой и инструментом, повышается тепловыделение в зоне их контакта. Это приводит к увеличению шероховатости поверхности, ее надрывам, снижению стойкости инструмента – выглаживателя.

Решение вопросов обеспечения эффективности выглаживания различных конструкционных материалов, в том числе титановых сплавов, возможно только при комплексном анализе факторов влияющих на параметры качества деталей изделий и системном развитии процессов.

В статье обсуждается актуальная научно-техническая задача – формирование перспективных направлений развития процессов выглаживания для обеспечения качества и ресурса деталей из титановых сплавов и других конструкционных материалов.

Основной идеей для решения поставленной задачей является снижение коэффициента трения на контактной поверхности инструмента-деталь за счет управления скоростными и силовыми параметрами нагружения инструмента.

В работе рассмотрено процесс выглаживания путем скольжения головки инструмента-индентора по поверхности деталей и не рассматриваются процессы выглаживания, при которых инструмент обкатывается по поверхности деталей [6, 7, 8]. В процессах обкатывания отсутствуют силы трения скольжения, они заменяются на

трение качения. Поэтому этот процесс является одним из предельных для процессов выглаживания и в целом для отделочно-упрочняющих обработок ППД.

Основным преимуществом процесса выглаживания индентором является возможность получения пластических деформированием упрочненного слоя значительной глубины, наличие которого обеспечивает повышение ресурса эксплуатации деталей и изделий в целом [4, 9, 10].

Комплексный анализ процесса выглаживания позволил установить основные значимые факторы контактного взаимодействия инструмента и заготовки, которые формируют параметры качества поверхностного слоя детали в зависимости от технологических параметров процесса, которые показаны на рис. 1. К ним можно отнести:

- 1) удельное усилие контактного взаимодействия выглаживателя на поверхности детали в зоне очага деформации;
- 2) контактное трение, которые возникают при движении инструмента между поверхностью детали и выглаживателем.

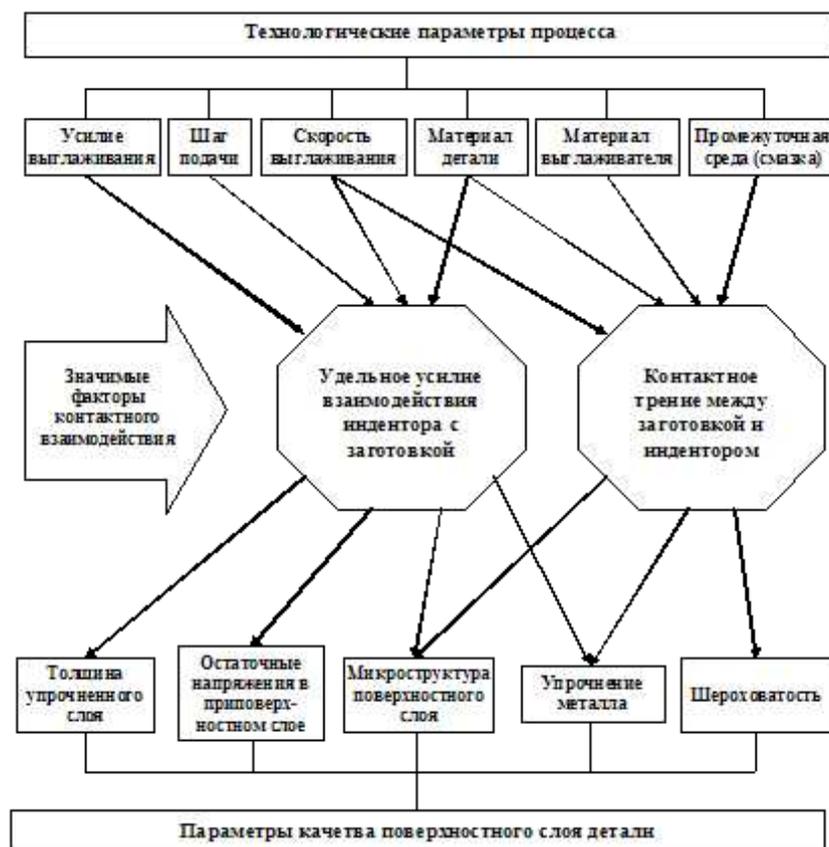


Рис. 1. Взаимосвязь технологических параметров процесса выглаживания при формировании параметров качества обработанной детали

Удельное усилие контактного взаимодействия определяются силой выглаживания отнесенной к площади контакта выглаживателя с деталью [8].

Их величина пропорциональна глубине вдавливания и определяет толщину упрочненного слоя, оценка величины которой определена в работе [11]. В процессе выглаживания при движении инструмента изменяются величина и форма площадки контакта выглаживателя с поверхностью детали. При этом показано, что толщина упрочненного слоя не зависит от формы площадки контакта, а зависит (в основном) от удельных усилий контактного взаимодействия. Это положение позволяет норми-

ровать толщину упрочненного слоя в зависимости от усилия выглаживания, геометрии инструмента (радиуса заточки выглаживателя) и параметров процесса обработки (в основном – шаг продольной подачи).

Как показывают экспериментальные данные толщина упрочненного слоя незначительно зависит от количества проходов инструмента по поверхности детали.

Величина упрочненного слоя при этом увеличивается на 20...30%, как правило, на первых трех проходах и далее не изменяется (см. рис. 2). Так для стали Х12НМБФ-Ш при алмазном выглаживании с усилием 150 Н и шагом подачи инструмента 0,15 мм/об максимальная величина микротвердости наблюдается в слоях близких к поверхности заготовки и составляет $H_{\mu} = 335...358$ МПа (в исходном состоянии

$H_{\mu} = 290...300$ МПа). Величина микротвердости уменьшается по мере удаления от поверхности заготовки и на глубине 150...200 мкм достигает величины, превышающей исходную на 5...8 %. После трех проходов инструмента величина микротвердости в приповерхностном слое, практически не изменяется (изменяется в пределах погрешности измерений). А глубина упрочнения увеличивается до 180... 250 мкм. При дальнейшем увеличении количества проходов эти величины, практически не изменяются. Взаимосвязанные с упрочнением параметры качества поверхностного слоя, такие как микроструктура и остаточные напряжения, изменяются незначительно в зависимости от количества проходов. Необходимо отметить, что в приповерхностном слое значительное дробление зерен исходного материала. Степень дробления зависит от величины удельного усилия выглаживания.

Основной задачей выглаживания является создание остаточных напряжений сжатия в поверхностном слое:

- 1) На силовом уровне они образуются вследствие неравномерности деформаций по толщине (глубине) материала (напряжения 1го рода), который выглаживается. Сочетание нелинейной пластичности при формировании и линейных деформаций разрушения (здесь может быть использована теорема о разгрузке или другие принципы, например минимизации упругой энергии).
- 2) На физическом уровне они проявляются в следствии упрочнения материала (напряжения 3го рода) и дробления и взаимодействия его зерен (напряжения 2го рода).

Величина максимальных остаточных напряжений определяет уровень предела выносливости материала σ_{-1} в упрочненном состоянии, эффективность упрочнения оценивается коэффициентом упрочнения

$$\beta = \frac{\sigma_{-1упр}}{\sigma_{-1исх}}$$

Таким образом, регулируя величину максимальных остаточных напряжений и упрочнения в приповерхностном слое, можно управлять пределом выносливости материала и ресурсом изделия (вала, цилиндра и прочее), которое подвергнуто обработке выглаживанием.

Поэтому влияние первого значимого фактора прогнозировать можно, как на основании экспериментальных данных, так и обобщать теоретически, например [11].

Точность определения величины упрочнения и остаточных напряжений можно обеспечить дальнейшим учетом параметров процесса выглаживания, реальной формы площадки контакта, динамического характера напряжения и других. Это явл-

яется одним из наиболее важных теоретических направлений развития процессов выглаживания.

Более сложным в теоретическом аспекте является второй значимый фактор контактного взаимодействия – контактное трение между заготовкой и инструментом. Оно возникает при движении выглаживателя по поверхности заготовки и влияет на характер и величину деформаций приповерхностного слоя детали.

Процесс выглаживания – сложный процесс, так как деформирование поверхностного слоя сопровождается развитием деформаций по глубине вследствие вдавливания инструмента (влияния первого фактора), а также развитием деформаций сдвига вследствие скольжения выглаживателя по поверхности детали. Это видно на металлографии, представленной на рис. 2, где в приповерхностном слое наблюдается не только дробление зерен, но и вытягивание зерен в направлении движения инструмента.

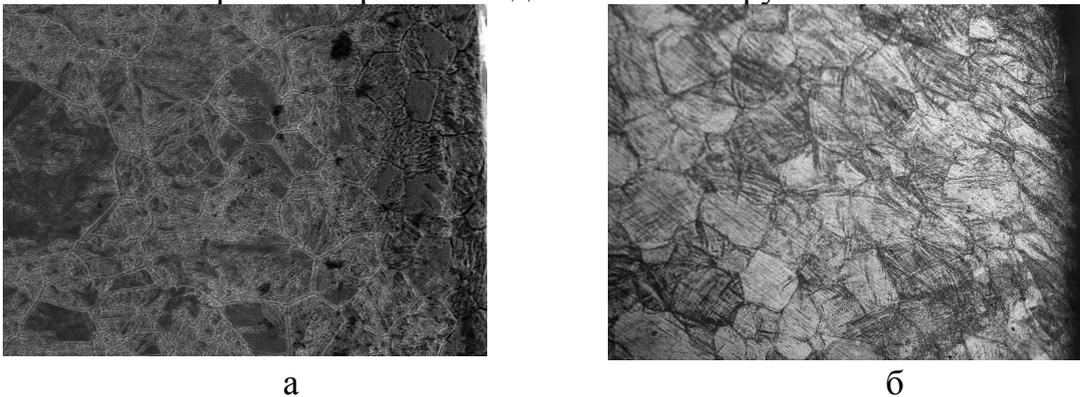


Рис. 2. Металлография образцов после обработки алмазным выглаживанием:

а – сталь; б – титановый сплав

Как показывает анализ изменения исходной структуры материала, сдвиговые деформации определенной величины оказывают положительное влияние на структуру материала, это проявляется в дополнительном дроблении зерен в приповерхностном слое в условиях интенсивных пластических деформаций с образованием дисперсных и субмикродисперсных структур с величиной зерна 20..30 мкм и менее. Это повышает прочностные и пластические свойства материала приповерхностного слоя с одновременным увеличением его твердости. Этот факт также отмечен в работах [3]. Развитие этих деформаций также на наш взгляд способствует залечиванию поверхностных микродефектов при развитии и накоплении дислокаций, что показывают результаты испытаний образцов методами внутреннего трения [12].

Влияние сдвиговых деформаций в теоретическом аспекте исследовано не достаточно. Поэтому авторами предложен подход основанный на описании кинематики процесса деформирования и определении НДС и энергосиловых параметров процесса с использованием замкнутой системы уравнений сплошных сред [13]. В этой постановке кинематически процесс деформирования при выглаживании включает перемещение материальных частиц поверхностного слоя по глубине и движение (смещение) их вдоль образующей инструмента:

$$\vec{V}_0 = \vec{V}_{вд} + \vec{V}_{сд},$$

где \vec{V}_0 , $\vec{V}_{\partial d}$, \vec{V}_{cd} – векторы скорости материальных частиц в очаге деформации, соответственно общий, за счет вдавливания инструмента, сдвига за счет сил трения

Составляющие поля скоростей вдавливания используем из работы [11]. А составляющие поля скоростей сдвига выбираем из условий:

- максимального значения сдвиговых составляющих на вертикальной оси (вдавливания инструмента);
- равенства нулю сдвиговых составляющих на свободной поверхности заготовки.

Тогда компоненты вектора общего поля скоростей имеют вид:

$$V_z = \frac{V^2 (t_k - t) l \left(1 - \frac{z}{kl}\right)^2 \sin \frac{\pi r}{l}}{\pi R r};$$

$$V_r = \frac{V^2 (t_k - t) l \left(1 - \frac{z}{kl}\right)^2 \left(1 - \cos \frac{\pi r}{l}\right) + V_c \left(1 - \frac{r}{l}\right)}{\pi^2 k R r};$$

$$V_\theta = V_c \left(1 - \frac{z}{h}\right) \left[\frac{\pi}{2} - \left(1 - \frac{2r}{l}\right) \theta\right],$$

где

V – скорость обработки выглаживанием;

V_c – скорость сдвига материальных точек поверхностного слоя;

t – время обработки;

R – радиус заточки инструмента;

k – коэффициент глубины распространения деформации $k=1.5 \dots 2.0$;

l – радиус контактного пятна контакта инструмента с поверхностью заготовки;

h – глубина распространения сдвиговых деформаций;

$t_k = l/V$.

Величина V_c и h_0 определяется с использованием минимизации энергии деформирования материала в очаге деформации.

Предлагаемая модель процесса подтверждается расчетами в системе ANSYS по распределению деформаций, удельной работе деформирования и контактному удельному усилию.

В результате численного моделирования показано также, что при величине коэффициента трения на контактной поверхности более 0,25..0,35 происходит сдвиг по всей поверхности с увеличением и накоплением деформаций во внеконтактной зоне. Это приводит к разрушению тонкого поверхностного слоя заготовки, что ограничивает возможность реализации процесса выглаживания. Такой эффект характерен для выглаживания титановых сплавов ввиду их высокой адгезии, в том числе к материалам выглаживателя: природному алмазу, поликристаллам алмаза, твердым сплавам и другим.

Поэтому направление работ по прогнозированию деформаций в реальных условиях взаимодействия с учетом сдвиговых компонент является необходимым для обеспечения требуемого качества поверхности детали ППД.

Очевидной является необходимость управления силами трения на контактной поверхности. Это направление работ приобретает в настоящее время приоритетное значение поскольку позволит проектировать процессы выглаживания для любых конструкционных материалов.

Экспериментальные и теоретические оценки показывают, что величина коэффициента трения на контактной поверхности не должна превышать $0,2 \dots 0,25$. Это соответствует процессам, протекающим в условиях граничного трения или адсорбционной смазки (по Б.В. Дерягину) [14, 15], когда на трущихся поверхностях образуются тонкие (молекулярные) слои пленок, как правило углеводов (карбоксилы -COOH, гидроксилы -OH, аминогруппы и др.). Эти пленки за счет высоких адсорбционных свойств закрепляются на поверхностях трущихся тел и не разрушаются при очень высоких давлениях.

Снижение коэффициента трения обеспечивает эффективность процесса выглаживания. Это может быть достигнуто при создании условий контактного взаимодействия, соответствующих гидродинамическому трению. Согласно теории гидродинамического трения (по Н.П. Петрову) [15], основными влияющими параметрами процесса взаимодействия являются – коэффициент вязкости смазки и скорость взаимного движения трущихся тел.

Экспериментально показано, что увеличение коэффициента вязкости смазок вплоть до использования твердых смазок дает положительный результат [3, 5]. В этом случае пленки твердой смазки на поверхности заготовки в следствии своей жесткости [13], которая по размерности соответствует вязкости жидкостей. В качестве твердых смазок могут быть использованы полимерные покрытия, тонкие (напыленные) слои металлов и другие, в том числе ионно-вакуумные многослойные покрытия. Недостатком применения твердых смазок является необходимость их удаления после выполнения операции выглаживания. Такие дополнительные операции не только увеличивают общую трудоемкость обработки, но и могут влиять на окончательные свойства поверхностного слоя обработанных деталей.

Наиболее перспективным при обработке выглаживанием является создание условий гидродинамического или рубежного режима гидродинамического трения между инструментом и заготовкой при обработке. При этом коэффициент трения может быть достигнут в пределах $0,01 \dots 0,05$. В случае рубежного режима гидродинамического трения происходит сглаживания шероховатости микрорельефа поверхности при наличии тонкого слоя смазки. Определяющим фактором достижения этих условий трения является значительное увеличение скорости обработки при выглаживании, при которой гидродинамическое давление жидкости будет уравнивать деформирующие удельные усилия на контактной поверхности, в ряде случаев превышающие предел текучести материала обрабатываемой заготовки.

В работе [16] экспериментально показано, что использование дополнительного ультразвукового нагружения инструмента при выглаживании заготовок из титановых сплавов ВТ-22 и ВТ-23 обеспечивает высокие параметры качества поверхностного слоя обработанной поверхности, таких как шероховатость, микроструктура и упрочнение приповерхностного слоя. Это достигается за счет значительного увеличения средней скорости обработки инструментом поверхности заготовки.

В результате проведенного анализа можно сделать следующие выводы, которые определяют перспективы развития процессов выглаживания:

1. На основании комплексного анализа процесса выглаживания установлены значимые факторы контактного взаимодействия инструмента и заготовки, которые формируют параметры качества деталей в зависимости от реализуемых параметров технологического процесса: удельное усилие взаимодействия инструмента с заготовкой и контактное трение на поверхности их взаимодействия.

2. Показано, что удельное усилие формирует остаточные напряжения, упрочнение поверхностного слоя заготовки и дробление структурных зерен в этом слое. Приведена математическая модель, позволяющая прогнозировать деформационные и энергосиловые параметры процесса выглаживания, а также параметры качества поверхностного слоя.

3. Показано, что в теоретическом аспекте очень важно учитывать сдвиговые деформации на поверхности заготовки, которые дополнительно измельчают зерно (менее 20..30 мкм) и увеличивают прочностные и пластические характеристики приповерхностного слоя.

4. Установлено, что управление контактным взаимодействием инструмента и заготовки можно производить влияя на коэффициент трения за счет изменения вязкости смазки и скорости их взаимодействия. Наиболее благоприятным для реализации процесса выглаживания является рубежный режим гидродинамического трения между заготовкой и инструментом.

5. Экспериментально показано, что использование дополнительного ультразвукового нагружения инструмента при выглаживании заготовок из титановых сплавов ВТ-22 и ВТ-23 обеспечивает устойчивый процесс выглаживания с получением высоких параметров качества поверхностного слоя деталей.

6. Описанные в статье научно-технические направления являются перспективными для дальнейшего развития процессов выглаживания.

Список литературы: 1. Иванова В.С., Терентьев В.Ф. Природа усталости металлов - М.: «Металлургия», 1975, 456 с. 2. Трощенко В.Т. Деформирование и разрушение металлов при многоцикловом нагружении. - К.: Наукова думка, 1981. - 341 с. 3. Розенберг О.А. К вопросу разработки технологических смазок для деформирующего протягивания деталей из сплава ВТ 1-0 / Розенберг О.А., Пащенко Е.А., Шейкин С.Е., Ростоцкий И.Ю. // Технологические системы, 2007, № 2(38) – С. 27-32. 4. Богуслаев В.О., Качан О.Я., Яценко В.К. та інші. Технологія виробництва авіаційних двигунів. Частина III. Методи обробки деталей авіаційних двигунів – Видавн. ВАТ «Мотор Січ», Запоріжжя, 2008 р. – 639 с. 5. Титов А.В. Особенности алмазного выглаживания сплава ВТ-23 с использованием твердой смазки / А.В. Титов, Т.М. Лабур, А.Л. Пузыр'єв // Вестник НТУУ «КПИ». Машиностроение. – К.: НТУУ «КПИ». – 2008. – № 53. – С. 202-207. 6. Папшев Д.Д. Отделочно - упрочняющая обработка поверхностным пластическим деформированием. - М.: Машиностроение, 1978. - 152 с. 7. Торбило В.М. Алмазное выглаживание. - М.: Машиностроение, 1972. – 105 с. 8. Чепя П.А. Технологические основы упрочнения деталей поверхностным пластическим деформированием. - Минск: Наука и техника, 1981. - 128 с. 9. Чепя П.А., Андрияшин В.А. Эксплуатационные свойства упрочненных деталей. - Минск: Наука и техника, 1988. - 192 с. 10. Богуслаев В.А., Яценко В.К., Притченко В.Ф. Технологическое обеспечение и прогнозирование несущей способности деталей ГТД. – К.: Манускрипт, 1993. - 333 с. 11. Мозговой В.Ф. Оценка оптимизированных технологических параметров процесса алмазного выглаживания при изготовлении валов ГТД / Мозговой В.Ф., Качан А.Я., Титов В.А. и др. // Технологические системы. - 2001. - № 5. - С.78-85. 12. Мозговой О.В. Вплив деформаційної та ізотермічної обробки на амплітудну залежність внутрішнього тертя сталі 07X12H2MБФ / Мозговой О.В., Качан О.Я., Тітов А.В., Богуслаєв О.В. // Вестник двигателестроения. – 2005. – № 1. – С. 99-102. 13. Алексеев Ю.Н. Введение в теорию обработки металлов давлением, прокаткой и резанием. - Харьков: Изд-во ХГУ, 1969. - 108 с. 14. Ахматов А.С. Молекулярная физика граничного трения. – М.: Гос. из-во физ.-мат. лит., 1963. - 472с. 15. Крагельский И.В. Трение

и износ. - М.: Машиностроение, 1968. - 480 с. 16. Титов А.В. Некоторые особенности формирования свойств поверхностного слоя при ультразвуковом выглаживании / Титов А.В., Хохлова Ю.А., Лавриненков А.Д. // Вестник НТУУ «КПИ». Машиностроение. – К.: НТУУ «КПИ». – 2009. – № 56. – С. 140-147.

УДК 621.92

Н.Ю. КАЛИНИЧЕНКО, аспирант

С.Е. МАРКОВИЧ, канд. техн. наук, доцент

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского “ХАИ”,
Украина

ПРОБЛЕМЫ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОЙ АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ СПЕЦИАЛЬНЫХ СПЛАВОВ И ДЕТАЛЕЙ С ГАЗОДЕТОНАЦИОННЫМИ ПОКРЫТИЯМИ

Описана проблематика обработки шлифованием деталей из специальных сплавов и термическими газо-детонационными покрытиями. Рассмотрены проблемы внедрения в производство глубинного планетарно – сопряженного шлифования. Представлены практические рекомендации, связанные с выбором режимов обработки, режущего инструмента и применяемому оборудованию.

Ключевые слова: планетарное шлифование, планетарная шлифовальная головка, глубинное шлифование, температурное поле

Описана проблематика обробки шліфуванням деталей із спеціальних сплавів і термічними газо-детонаційними покриттями. Розглянуті проблеми упровадження в виробництво глибинного планетарно – спряженого шліфування. Наведені практичні рекомендації, пов’язані з вибором режимів обробки, ріжучого інструменту і застосованого обладнання.

Ключові слова: планетарне шліфування, планетарна шліфувальна головка, глибинне шліфування, температурне поле.

The problematic of processing by grinding of details from special alloys and thermal gas -detonation coverings is described. Problems of introduction in manufacture deep planetary – the interfaced grinding are considered. The practical recommendations connected with a choice of modes of processing, the cutting tool and are presented to the applied equipment.

Keywords: planetary grinding, planetary grinding head, creep-feed grinding, temperature field's.

Высокие требования, предъявляемые к авиационным двигателям, обуславливают широкое внедрение труднообрабатываемых материалов из специальных сплавов на титановой основе, жаропрочных сплавов, а так же деталей с защитными газо-детонационными покрытиями. Обработка данных материалов и композиций связана с рядом трудностей, что делает задачу прогнозирования эксплуатационных характеристик изделий и разработки единых технологических рекомендаций одной из наиболее актуальных. Особенно остро этот вопрос стоит при абразивной обработке, которая является универсальным методом обработки композиционных материалов, легированных сталей, труднообрабатываемых сплавов на титановой основе и деталей с износостойкими газо-термическими покрытиями, что обусловило её широкое применение в производстве. Одним из наиболее перспективных является метод глубинного планетарно – сопряжённого шлифования, который интенсифицирует процесс снятия материала и позволяет [1]: вести обработку на скоростях 100...180 м/с,