

- увеличение электростатического напряжения на рабочей игле приводит к интенсификации теплоотдачи при любых давлениях в экспериментальной бомбе;

- существует зона насыщения электростатическими полями, в которой дальнейшее увеличение электростатического высоковольтного напряжения на отдающей игле не приводит к ожидаемому увеличению коэффициента теплоотдачи α , в этой зоне он остается постоянным при любых напряжениях, а кроме того, граница этой зоны является и границей начала искрового пробойного разряда;

- предотвращение негативного процесса осадкообразования происходит в зоне прохождения силовых линий электростатических полей, которые должны работать в постоянном режиме;

- практически во всех экспериментах на острие отдающей рабочей иглы почти всегда появлялась униполярная светящаяся корона, благодаря которой создавались дополнительные силовые линии, которые способст-

вовали расширению зоны предотвращения осадкообразования на поверхности рабочей пластины.

В результате проведения экспериментальных исследований в условиях вынужденной конвекции газообразного метана подтвердились все особенности влияния электростатических полей на газообразный метан, обнаруженные при естественной конвекции. Найдены новые зоны насыщения электростатическими полями, граничные массовые скорости прокачки метана, при увеличении которых влияние электростатических полей выходит уже на нулевой уровень.

Результаты исследований могут широко применяться при проектировании, создании и эксплуатации новой авиационно-космической техники, включая двигатели и энергоустановки наземного, воздушного, аэрокосмического и космического базирования.

Доклад сопровождается иллюстрационным экспериментальным материалом.

УДК 621.914.22

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕЛИЧИНЫ СОСТАВЛЯЮЩИХ СИЛЫ РЕЗАНИЯ ПРИ КОНЦЕВОМ ФРЕЗЕРОВАНИИ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ

©2016 Д.В. Евдокимов, Д.Л. Скуратов

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва

THE ENHANCEMENT OF MEASURING METHODS FOR CUTTING FORCE COMPONENTS VALUE PREDICTION FOR END MILLING OF TITANIUM ALLOYS

Evdokimov D.V., Skuratov D.L. (Samara National Research University, Samara, Russian Federation)

Has been performed an improvement of measuring method for cutting force values prediction for end milling of titanium alloys. The resulting method has been developed due to a new, more accurate way of a determination the transverse area of a cutting layer. Moreover this technique has more accuracy on a force applied point determination. All these provisions has been made conceivable a high capacity of an accurate prediction. And finally has been developed a computer model which is able to predict a stress and strain fields on the virtual workpiece body.

В авиационной технике значительная доля деталей изготавливается из титановых сплавов, отличительной особенностью которых по сравнению со сталями является высокая прочность при малой плотности, что позволяет существенно уменьшить массу деталей. Вместе с тем титановые сплавы относятся к труднообрабатываемым материалам.

Остаточные напряжения, формируемые в поверхностном слое при резании и являющиеся одним из основных параметров качества обработки, являются результатом воздействия силового и температурного полей в зоне резания, а количество теплоты, выделяемое в зоне обработки, зависит от главной составляющей силы резания и скорости обработки. Поэтому знание сил резания при

обработке, в частности при концевом фрезеровании, позволяет не только рассчитать температурные поля, но и определить остаточные напряжения в поверхностном слое детали, в значительной степени влияющие на сопротивление усталости деталей.

Обзор работ, опубликованных в последнее время, позволил найти методику [1], позволяющую определять аналитическим способом силы резания при фрезеровании. Однако она требует значительного улучшения в плане точности предоставляемого результата. Поэтому, была поставлена задача усовершенствовать методику по расчету сил резания при концевом фрезеровании, приведенную в работе [1], с целью повышения точности расчёта.

Базовая методика позволяет определять составляющие силы резания P_z , P_y и P_o при фрезеровании. В её рамках расчёт величин составляющих силы резания возможен при известных величинах касательных напряжений, действующих в плоскости сдвига. Для нахождения касательных напряжений авторы методики [1] используют интерпретацию феноменологического уравнения Джонсона-Кука. Его исходное уравнение описывает кривую пластического течения материала в процессе его центрального растяжения.

Таблица 1 – Значения составляющих силы резания при концевом фрезеровании

Скорость резания v , м/мин	Экспериментальные значения сил, Н			Значения сил, рассчитанные по методике, Н		
	P_h , Н	P_v , Н	P_o , Н	P_h , Н	P_v , Н	P_o , Н
18,9	530	116	165	522	124	132
23,8	474	96	154	465	111	150
30,2	420	107	120	417	99	125

Для предоставления наглядной картины о напряжённо-деформированном состоянии заготовки в процессе фрезерования была разработана компьютерная модель средствами CAE технологий. В её задачу входит построение полей напряжений и деформаций, возникающих в заготовке в любой момент удаления срезаемого слоя материала при концевом фрезеровании.

Выводы

1. Усовершенствована методика для определения составляющих силы резания при концевом фрезеровании.

Усовершенствование методики было выполнено главным образом путём добавления в расчётную последовательность этапа более точного определения площади поперечного сечения среза и места приложения сил резания. За точку приложения составляющих силы резания был принят центр давления поперечного сечения срезаемого слоя.

А для того, чтобы была возможность пользоваться улучшенной методикой при расчёте сил резания при фрезеровании отечественных сплавов, в том числе и титановых, в структуру методики были добавлены зависимости и формулы для определения коэффициентов из работы [2].

По усовершенствованной методике был выполнен численный эксперимент по определению составляющих сил резания при фрезеровании титановых сплавов ВТ9 и ОТ4. С целью оценки точности методики был проведён натурный эксперимент, который выявил расхождение численного эксперимента и натурального в диапазоне от 0,7% до 20%. В табл. 1 приведены величины составляющих силы резания при фрезеровании титанового сплава ВТ9 на режиме с минутной подачей 200 мм/мин, ширине фрезерования 5 мм и глубине фрезерования 3 мм.

2. Подтверждена возможность использования усовершенствованной методики для расчета составляющих силы резания при концевом фрезеровании путём сопоставления составляющих силы резания, определённых экспериментальным и расчётным путём. Расхождение натурального эксперимента с численным не превышало 20%.

3. Для предоставления наглядной картины о напряжённо-деформированном состоянии заготовки в процессе фрезерования, была разработана компьютерная модель.

Библиографический список

1. Zhongtao F., Wenyu Y., Xuelin W., Jürgen L. Analytical modelling of milling forces for helical end milling based on a predictive

machining theory. // Procedia CIRP. 2015. Vol. 31. P. 258-263.

2. Šlais M., Dohnal I., Forejt M. Determination of Johnson-Cook equation parameters. // Acta Metallurgica Slovaca. 2012. Vol. 18. No. 2-3. P. 125-13.

УДК 621.9.047

ВЛИЯНИЕ ПОДГОТОВКИ ПОВЕРХНОСТИ И МАТЕРИАЛА ПРОМЕЖУТОЧНОГО СЛОЯ НА СВОЙСТВА ЭРОЗИОННОСТОЙКИХ ТЕПЛОЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ

©2016 А.И. Портных, В.Г. Кобзев

Воронежский механический завод - филиал федерального государственного унитарного предприятия «Государственный научно-производственный центр имени М.В. Хруничева»

INFLUENCE OF SURFACE PREPARING STATE AND MATERIAL OF THE INTERMEDIATE LAYER ON THE PROPERTIES OF EROSION-RESISTANT AND HEATPROOF COATINGS

Portnykh A.I., Kobzev V.G. (Voronezh Mechanical Plant – branch of Federal State Unitary Enterprise “Khrunichhev Space Research and Production Space Center”, Voronezh, Russian Federation)

The paper presents the results of study the microstructure and mechanical properties of heatproof cermet coatings based on zirconium dioxide, that is obtained by plasma spraying.

Развитие современной техники связано с необходимостью использования высоких рабочих температур, скоростей, динамических нагрузок, а также с эксплуатацией отдельных узлов и целых агрегатов в условиях воздействия агрессивных сред.

В качестве защиты от длительного воздействия высокой температуры огневых стенок камер сгорания жидкостных ракетных двигателей используются эрозионностойкие теплозащитные покрытия (ЭТЗП). Одной из важнейших служебных характеристик стойкости ЭТЗП является его адгезия с материалом напыляемой детали.

Прочность сцепления покрытия во многом определяется самым нижним слоем, наносимым на поверхности детали.

Проведённые эксперименты были направлены на определение потенциального влияния на прочность и термическую стойкость получаемых покрытий:

- гранулометрических свойств материалов, используемых для подготовки поверхности;

- химического состава смесей, используемых для напыления промежуточных слоёв.

Целью работы является установление взаимосвязи между подготовкой поверхности и применяемыми промежуточными слоями на износостойкость и термическую стойкость получаемых покрытий на основе тугоплавких оксидов ZrO_2 .

Основными факторами, определяющими свойства обрабатываемой поверхности материала, являются вид, размер и форма твёрдых частиц, а также их скорость соударения с поверхностью, расход на единицу площади поверхности и угол атаки.

Пескоструйная обработка образцов выполнялась на давлении 4, 5 и 6 атм на расстоянии 90 мм до обрабатываемой поверхности, в два прохода карбидом кремния фракции F46 и F20.

Использование порошка с частицами крупной фракции значительно увеличивает шероховатость поверхности основного материала и приводит к увеличению среднего шага между неровностями.

Установлено, что количество включений на образце, обработанном карбидом кремния фракции F-20, составляет 12,5-19,2% от площади поверхности, для фракции F-46 - 2,5- 3,6%.