



колебаний. Формула (3) позволяет определить гироскопическое давление на подшипники подвеса маятника, которое и приводит к увеличению трения в подвесе и возрастанию коэффициента затухания.

Литература

1. Гайнутдинов О.И. Методология анализа и формирования гироскопического взаимодействия в аэроупругой колебательной системе / Гайнутдинов О.И. - Тамбов: ТВВАИУРЭ, 2008. - 78 с.
2. Ишлинский А.Ю. Гироскоп. Физическая энциклопедия / Ишлинский А.Ю. - М.: Сов. Энциклопедия, т.1, 1988. - с. 484-489.

Literature

1. Gainutdinov O.I. The analysis of methodology and forming the gyroscopic interaction in the aeroelastic oscillatory system / Gainutdinov O.I. - Tambov: TVVAIURE, 2008. - 78 pages.
2. Ishlinskii A.Yu. Gyroscope. Physical encyclopedia, volume 1. – Moscow: soviet encyclopedia, 1988. Page: 484 – 489.

Статья отправлена 2017 г.
Ломакина О.В.

ЦИТ: ua217-028

DOI: 10.21893/2415-7538.2017-06-1-028

УДК 621.91.01

Козачухненко И.Н., Крайнев Д.В., Сахнов Н.Г.
ФАКТОРЫ ВЛИЯЮЩИЕ НА ОБРАБОТКУ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ С
ОПЕРЕЖИЮЩИМ ПЛАСТИЧЕСКИМ ДЕФОРМИРОВАНИЕМ

*Волгоградский государственный технический университет,
Волгоград, Пр. Ленина 28, 400005*

I.N. Kozachuhnenko, D.V. Krainev, N.G. Sakhnov.
FACTORS INFLUENCING THE PROCESSING OF TITANIUM ALLOYS
WITH SUSTAINABLE PLASTIC DEFORMATION

*Volgograd state technical university,
Volgograd, Lenina Av. 28, 400005*

Приведен анализ обрабатываемости, предположено положительное влияние опережающего пластического деформирования на эффективность обработки титановых сплавов.

Ключевые слова: точение, силы, шероховатость, износ, режущий инструмент, опережающее пластическое деформирование (ОПД).

An analysis of the workability it has been suggested a positive effects of advanced plastic deformation (APD) on the efficiency of titanium alloys

Key words: turning, cutting, forces, wear, lifetime, cutting tool, advancing plastic deformation (APD).

В настоящее время машиностроение, авиастроение и промышленность в целом пытается решить ряд проблем с механической обработкой металлов и сплавов. Проблемы, встречающиеся на пути, заставляют прибегать к новым методам (решениям)устраняющих их.

Титановые сплавы находят все более широкое применение в конструкциях



самых разнообразных изделий благодаря благоприятному сочетанию механических, физических и химических свойств, основными из которых являются высокая прочность, небольшой удельный вес и коррозионная стойкость. В этом отношении титановые сплавы сопоставимы с высокопрочными и теплостойкими сталями, а также жаропрочными сплавами на никелевой основе, обрабатываемость резанием которых невысока.

Поверхность детали подвергается повышению и снижению температур, ухудшению или улучшению ее качества, на этапе конструирования, производства и эксплуатации.

При обработке деталей из титана и его сплавов в процессах пластического деформирования возникает ряд трудностей, связанных с высокой адгезией титана по отношению к обрабатываемому инструменту, в результате чего происходит разрушение поверхности и износ инструмента.

Под действием пластической деформации, титан изменяется подобно чистым поликристаллическим металлам: по мере увеличения степени деформации происходит измельчение зерен и вытягивание их в направлении деформации. Сопротивление к деформации титана значительно зависит от скорости деформации, нежели сопротивление конструкционных металлов, как сталь, алюминий, медь и др.[4].

В этом отношении титановые сплавы сопоставимы с высокопрочными и теплостойкими сталями, а также жаропрочными сплавами на никелевой основе, обрабатываемость резанием которых невысока. Но обрабатываемость резанием титановых сплавов еще ниже из-за их малой пластичности, высокой химической активности, низкой теплопроводности, а также абразивного воздействия на режущий инструмент [2].

Процесс резания титановых сплавов характеризуется высокими температурами в зоне обработки, благодаря их высокой прочности и низкой теплопроводности. При этом температура резания сосредотачивается в зоне стружкообразования, вызывая тем самым структурные превращения и интенсивное взаимодействие с кислородом, азотом, углеродом и водородом из внешней среды. В результате такого взаимодействия образуются твердые растворы внедрения не только на поверхности, но и в кристаллической решетке, что резко снижает пластичность титановых сплавов и повышает их твердость.

Это характерно и для сплава ВТ6, получаемого путем легирования титана алюминием (5,5—7,0 %) и ванадием (4,2—6,0 %), относящегося к ($\alpha + \beta$) сплавам. Данные сплавы более прочны, чем однофазные, хорошо куются и штампуются, поддаются термической обработке, но их обрабатываемость резанием не очень высока.

В работах[2] описано, экспериментально и аналитически доказано, что при обработке титановых сплавов возникают высокие температуры, значительно превосходящих (в среднем 2-3 раза) температуры, которые имеют место при обработке в таких же условиях сплавов на основе железа и алюминия. Причиной таких температур обуславливается характерными свойствами титановых сплавов.



Говоря о качестве поверхности, можно сказать, что из предыдущих исследований было получено, глубина резания и скорость мало влияют на микронеровность поверхности. Отсутствие явлений наростообразования, имеет место лишь при малых скоростях, значительно влияние на шероховатость поверхности будет оказывать подача.

Для увеличения производительности механической обработки титановых сплавов резанием и повышения стойкости режущего инструмента применяют различные способы, в том числе: использование галлоидосодержащих смазывающе-охлаждающих жидкостей; охлаждение обрабатываемых деталей посредством обильного полива; механическую обработку титановых сплавов в нагретом состоянии; механоводородную обработку, включающую в себя наводороживание, механическую обработку и вакуумный отжиг, и другие. Среди возможных способов повышения износостойкости инструмента и обрабатываемости титановых сплавов резание с опережающим пластическим деформированием может выступить одним из наиболее эффективных, что наряду с достаточной простотой реализации делает целесообразным детальное исследование его аспектов.

Способ совмещает в себе два приема – поверхностное пластическое деформирование (ОПД), создающее необходимые глубину и степень наклепа, и последующий съем упрочненного металла в виде стружки [3].

Титановые сплавы отличаются высоким отношением предела текучести к временному сопротивлению разрыва. Это соотношение составляет для титановых сплавов 0,85–0,95, в то время как для сталей оно равно 0,65–0,75. В итоге при механической обработке титановых сплавов возникают большие удельные усилия, что приводит к высоким температурам в зоне резания, обусловленным низкой теплопроводностью титана и его сплавов, затрудняющей отвод тепла из зоны резания. Из-за сильной адгезии и высоких температур титан налипает на режущий инструмент, что вызывает значительные силы трения. Налипание и приваривание титана на контактируемые поверхности режущего инструмента приводят также к изменению его геометрических параметров. Отклонение геометрических параметров режущего инструмента от оптимальных их значений приводит к дальнейшему повышению усилий обработки и температуры в зоне резания и износа инструмента.

Эффективность предлагаемого способа можно объяснить следующим. Создаваемая ОПД повышенная плотность дислокаций в поверхностном слое заготовки обуславливает снижение работы, совершаемой резцом, по доведению обрабатываемого материала до критического деформационно-энергетического состояния в области отделения стружки. Значит, снижается интегральная сумма напряжений, действующих в зоне первичных деформаций, и, следовательно, уменьшается вертикальная составляющая силы резания и соответствующее тепловыделение при использовании исследуемого способа по сравнению с традиционной обработкой.

Для доведения предварительно деформированного металла до состояния динамического возврата (разупрочнения) требуется меньший объем тепловой



энергии, что способствует облегчению течения объемов стружки вдоль передней поверхности резца при снижении мощности источника тепловыделения в зоне резания. Параллельно с этим уменьшение сопротивления пластическому деформированию в контактных объемах и во фронте сдвига также обуславливает снижение температуры. Указанное обстоятельство совместно с фактом уменьшения вертикальной составляющей силы резания способствуют снижению соответствующих горизонтальных составляющих. Уменьшение выделения тепла при обработке с ОПД предопределяет повышение температурно-деформационной стабильности процесса стружкообразования, а именно уменьшение высокочастотной цикличности. Снижение нагрева режущего клина, его силового нагружения, ослабление адгезионно-усталостных явлений и пагубного влияния цикличности стружкообразования обуславливает повышение стойкости инструмента. Кроме того, снижается шероховатость поверхности (в 2–4 раза), что позволяет сократить число технологических переходов, а также улучшается микропрофиль поверхности (в частности, увеличивается длина опорной линии), что благоприятно сказывается на эксплуатационных характеристиках детали.

Таким образом, на основе проведенного анализа обрабатываемости титановых сплавов, а также результатов применения способа точения с опережающим пластическим деформированием при обработке коррозионно-стойких хромистых и сложнолегированных сталей можно предположить положительное влияние на эффективность обработки титановых сплавов, а также целесообразность проведения дальнейших исследований данной тематики.

Литература:

1. Повышение эффективности процесса резания труднообрабатываемых коррозионно-стойких сталей при использовании опережающего пластического деформирования / Ю. Н. Полянчиков, Д. В. Крайнев, А. Р. Ингеманссон, Нгуен Тхань Хунг // Известия ВолгГТУ : межвуз. сб. науч. ст. № 13 (100) / ВолгГТУ. – Волгоград, 2012. – (Серия «Прогрессивные технологии в машиностроении»; вып. 8). – С. 47–49.
2. Кривоухов В.А., Чубаров А.Д. Обработка резанием титановых сплавов. М.: Машиностроение, 1970. 184 с.
3. Подураев, В. Н. Способ обработки резанием с опережающим пластическим деформированием / В. Н. Подураев, В. М. Ярославцев, Н. А. Ярославцева // Вестник машиностроения. – 1971. – № 4. – С. 64–65.
4. Мороз Л.С., Чечулин Б.Б., Полин И.В. и др. Титан и его сплавы. Санкт-Петербург : Государственное союзное издательство судостроительной промышленности, 1960. 514 с.

Статья отправлена: 30.05.2017 г.

© Козачухненко И.Н., Крайнев Д.В., Сахнов Н.Г.