

## МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИ АЛМАЗНОМ ВЫГЛАЖИВАНИИ

Уринов Насилло Файзиллович –

к.т.н., доцент

Уринов Бехруз Уткир угли –

магистрант

Бухарский инженерно-технологический институт

**Аннотация.** В статье представлен анализ различных методов измерения сил резания при алмазном выглаживании и их описание, достоинства и недостатки.

**Ключевые слова:** выглаживание, сила, микронеровность, динамометр, пьезоэффет, пьезодатчики, гидравлический динамометр.

**Annotation.** The article covers analysis of various methods of cutting forces measurement at diamond smoothing and their description, advantages and disadvantages.

**Keywords:** smoothing, force, microroughness, dynamometer, piezoelectric effect, piezoelectric sensors, hydraulic dynamometer.

Алмазное выглаживание благодаря существенным преимуществам, связанным с физико-механическими свойствами алмаза получило широкое применение. Низкий коэффициент трения по металлу алмаз имеет благодаря высокой твердости и теплопроводности. Для достижения низкой шероховатости выглаженной поверхности рабочая поверхность алмаза может быть отполирована до  $R_z = 0,025-0,063$  мкм. Главной отличительной чертой алмазного выглаживания в отличие от обкатывания является возможность обрабатывать детали с весьма высокой твердостью. Из-за малых площадей контакта инструмента и детали сила выглаживания находится в пределах 50-300 Н, что позволяет обрабатывать нежесткие детали (тонкостенные втулки и валы).

При выглаживании сила  $P$  раскладывается на составляющие: нормальную  $P_y$ , тангенциальную  $P_z$  и силу подачи  $P_x$ . Величина сил выглаживания зависит от радиуса формы рабочей части выглаживателя, пластичности и шероховатости обрабатываемой поверхности, от глубины внедрения выглаживателя, подачи и др. Исследованиями установлено, что основной силой, создающей необходимое давление в зоне контакта инструмента с деталью, является нормальная составляющая  $P_y$ . Составляющие  $P_z$  и  $P_x$  в 10-20 раз меньше  $P_y$  [1]. Поэтому в качестве силы выглаживания принимают  $P_y$ .

При выглаживании фасонных поверхностей деталей (деталей с переменным радиусом), различают следующие виды конструкции оправок: динамометрические (в качестве силового элемента используется плоская пружина); пружинные (силовой элемент - винтовая пружина); гидравлические (силовой элемент – энергия сжатой жидкости в гидроцилиндре); пневматические (силовой элемент – энергия сжатого воздуха) и другие – имеют ряд недостатков, приводящих к значительному колебанию силы выглаживания  $P_y$  в процессе обработки.

При выглаживании микронеровностей относительно малой высоты их деформирование осуществляется осадкой с преобладанием сжимающих напряжений. По этой причине даже при значительном увеличении силы выглаживания ресурс пластичности достаточно велик. Если высота неровностей профиля относительно велика их деформирование в большей степени осуществляется изгибом, и в меньшей – осадкой. В результате деформации изгиба преобладают растягивающие напряжения, снижающие ресурс пластичности сплава и уменьшающие его сопротивление деформированию. Поэтому увеличение силы выглаживания сверх оптимальной величины приводит к

исчерпанию ресурса пластичности материала детали и проявляется в виде «шелушения» ее поверхности – увеличения шероховатости по сравнению с выглаживанием оптимальной силой [2].

Для получения деталей с необходимым качеством поверхностного слоя необходимо постоянство силы выглаживания. Для фиксирования силовых изменений используются динамометры. Динамометр состоит из силового звена (упругого элемента) и отсчетного устройства. В силовом звене усилие вызывает деформацию, которая непосредственно или через передачу сообщается отсчетному устройству. По принципу действия различают динамометры механические (пружинные или рычажные), гидравлические и электронные. Иногда в одном динамометре используют два принципа. Существует два вида механических динамометров: пружинный и рычажный. В пружинном динамометре сила или момент силы передается пружине, которая в зависимости от направления силы сжимается или растягивается. Величина упругой деформации пружины пропорциональна силе воздействия и регистрируется. В рычажном динамометре действие силы деформирует рычаг, величина деформации которого после регистрируется.



Рисунок 1. - Механический динамометр

Действие гидравлического динамометра основано на вытеснении измеряемой силой жидкости из цилиндра. Под давлением жидкости поступает по трубе к записывающему аппарату и регистрируется. Недостатком гидравлических динамометров является их недостаточная чувствительность при малых усилиях (меньше 100 кг), а также, склонность к вибрациям. Гидравлические динамометры вследствие своей громоздкости и большой инерционности применяются редко; они непригодны для исследований мгновенных значений сил.

Электрический динамометр состоит из датчика, который преобразует деформацию от воздействия силы в электрический сигнал, и дополнительного датчика, который усиливает и записывает электрический сигнал первого датчика. Для преобразования силы или момента силы в деформацию используются индуктивные, пьезоэлектрические, тензорезисторные и вибрационно-частотные датчики сопротивления. Под действием силы датчик деформируется и токи моста сопротивления изменяются. Сила электрического сигнала прямо пропорциональна деформации элемента и в итоге силе воздействия.

Самым распространенным способом измерения усилий и сил резания является тензометрия. Физически метод основан на деформации измерительного элемента под нагрузкой и изменении его электрического сопротивления. Как правило, измерительный элемент входит в измерительный мост, и по измерению напряжения в измерительном мосте, вследствие изменения электрического сопротивления измерительного элемента, можем судить о приложенной силе. Существующие динамометры имеют очень большие габаритные размеры и требуют замены резцедержателя на соответствующее приспособление, а также обладают инертностью. Другим вариантом таких устройств являются модифицированные узлы станочного оборудования, которые отслеживают деформацию станины станка или нагрузку на шпиндельный узел либо на узел подачи [3, 4]. Но такие устройства требуют существенной доработки станков и не дают достаточной точности при измерении малых сил.

Так же известны устройства использующие при измерении свойства прямого пьезоэффета. Пьезоэлектрическая система измерения силы значительным образом отличается от других методов. Силы, воздействующие на кристалл кварца, пропорциональны электрическому заряду, возникающему при этом. Сжатие чувствительного элемента составляет немногие тысячные доли миллиметра. Кварцевые динамометры - очень жёсткие системы. Благодаря высоким собственным частотам они способны точно измерять даже очень быстрые процессы. Кварцевые пьезодатчики силы не нуждаются в установке нулевого значения - они сразу готовы к измерениям “нажатием кнопки”.

Такие устройства лишены такого большого недостатка как инертность, большую жесткость, огромный диапазон измерения, линейность и отсутствие гистерезиса.



Рисунок 2 - Внешний вид трехкомпонентного динамометра, использующий пьезоэлектрический принцип измерения сил

Для измерения сил резания также используют индуктивные приспособления. Недостатком таких приспособлений есть возможность измерять только статические нагрузки. Существуют также индукционные приспособления для сил резания, которые позволяют измерять силы в динамике, но такого типа устройства не позволяют измерять большие усилия и имеют малый диапазон измерений. При алмазном выглаживании деталей с круглым профилем сила выглаживания может изменяться и менять направление при использовании различных конструкций оправок. При изменении направления силы изменяется трение о поверхность, а это влияет на износ инструмента. Производить алмазное выглаживание можно как с начала движения детали так и в процессе ее движения.

В процессе обработки осевых деталей нельзя не как избежать перемещений индентора. На это может влиять радиальное биение. Алмазный наконечник за один оборот может совершать колебания назад и вперед. В процессе этого происходят схватывания инструмента. Это происходит так быстро, что визуально этого не заметить, а приборами трудно зафиксировать и может сильно повлиять на параметры поверхности детали. Тоже самое происходит при начале движения. Возникает скачок составляющей силы выглаживания направленной против хода движения индентора, а то есть силы трения. Данный случай можно экспериментально зафиксировать. В теории сила должна возрастать, но теория написана для случаев с жесткой оправкой. Необходимо воспроизвести процесс с отличными от жесткой конструкции оправками.

### Литература

1. Степанова, Т.Ю. Технологии поверхностного упрочнения деталей машин: учебное пособие/ Т.Ю. Степанова; Иван. гос. хим.-технол. ун-т.-Иваново, 2009.- 64с.
2. Влияние шероховатости исходной поверхности на силу алмазного выглаживания Антонюк Ф. И., Калмыков В. В., Федоров В. А./ Наука и Образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн. 2014. № 12. С. 171
3. Григорьев С.Н., Кохомский М.В., Маслов А.Р. Инструментальная оснастка станков с ЧПУ: Справочник/ Под общ. ред. А.М. Маслова. – М.: Машиностроение, 2006. – 554 с.: ил.

4. Руководство к универсальному динамометру УДМ конструкции ВНИИ. М.: Всесоюзный научно-исследовательский институт(ВНИИ), 1983. – 22 с.: ил.