

УДК 621.787

ОСОБЕННОСТИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ УСТАЛОСТНЫХ ОБРАЗЦОВ НА ТОКАРНОМ СТАНКЕ С ЧПУ

Учайкин С.Е., студент гр. КТм-171, I курс
Научный руководитель: Блюменштейн В.Ю., д.т.н., проф.
Кузбасский государственный технический университет
имени Т.Ф. Горбачева, г. Кемерово

В рамках данной темы необходимо оценить особенности механической обработки образцов для усталостных испытаний с использованием роликовой накатной головки и токарного станка с ЧПУ 16К20Ф3.

В статье особое внимание обращено на упрочняющую чистовую обработку детали поверхностным пластическим деформированием (ППД). В частности, рассматривается обработка цилиндрических и фасонных поверхностей, в том числе галтельных переходов; анализируется оснастка, схемы установки и жесткость технологической системы.

Обработка образцов состоит из нескольких основных этапов: черновая и чистовая токарная обработка и чистовая обработка ППД. При ППД в результате деформационного упрочнения поверхностного слоя, возникновения в нем сжимающих остаточных напряжений, сглаживания неровностей и улучшения их профиля повышается прочность деталей при циклических нагрузках в 1,5-2,5 раза, а долговечность в 5-10 раз и более [1].

Образцы для испытаний различаются только несколькими параметрами, такими как наружный диаметр и диаметр шейки, длинами и радиусами галтельных переходов. Типовой эскиз усталостного образца представлен на рис. 1

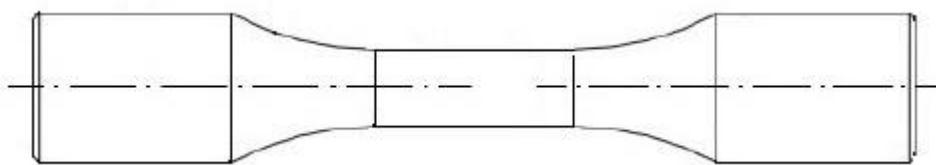


Рисунок 1 – Эскиз усталостного образца

Из рис. 1 видно, что образец имеет 3 прямолинейные поверхности и два галтельных перехода. На черновой и чистовой обработке останавливаться не будем, так как сложностей они не имеют. Задаются режимы и производится обработка [2]. Рассмотрим более подробно этап чистовой обработки ППД.

При обкатывании деформирующее тело (далее деформирующее тело – ДТ) прижимается к поверхности детали с фиксированной силой P и перемещается относительно нее с вращением. В зоне локального контакта ДТ с обрабатываемой поверхностью возникает очаг пластической деформации (далее очаг деформации - ОД), который перемещается вместе с инструментом, благодаря чему по-

верхностный слой детали последовательно деформируется на некоторую глубину. Размеры ОД и интенсивность пластической деформации, возникающей в ОД, зависят от различных технологических факторов обработки [3].

Одним из важных факторов является жесткость системы станок – приспособление – инструмент – деталь. Жесткость системы в процессе обкатывания не остается постоянной. На токарном станке при обработке концов детали жесткость системы определяется жесткостью задней и передней бабок и суппорта. Жесткость задней бабки, как правило, значительно (примерно на 40%) ниже передней. В середине рабочего хода жесткость системы в большей мере зависит от жесткости самой обкатываемой модели. Пример недостаточной жесткости технологической системы (ТС), на примере механической обработки вала режущим инструментом, представлен на рис. 2. Допустимые рабочие усилия при обкатывании роликом на токарных станках приведены в табл. 1.

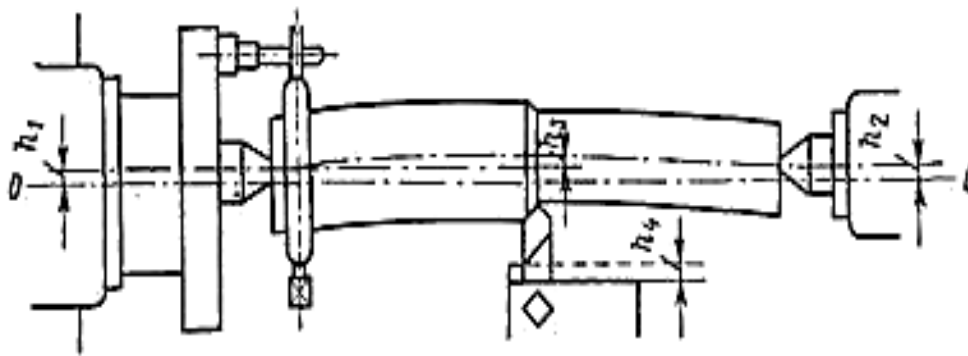


Рисунок 2 – Пример недостаточной жесткости ТС: h_1, h_2, h_3, h_4 возможные упругие деформации (смещения) передней бабки, задней бабки, заготовки, инструмента соответственно

Таблица 1 – Допустимые рабочие усилия при обкатывании роликом на токарных станках

Высота центров станка, мм	200	300	500	550-650	800-1000	1250-1500
Допустимое усилие, кгс	500	900-1500	1600-2500	3000-5000	5000-6000	6000-7000

Жесткость также зависит от изношенности станков. Все это затрудняет, а часто делает невозможным эффективное использование жестких обкатных устройств.

Чтобы рабочее усилие соответствовало значениям, обеспечивающим оптимальные условия деформации поверхностного слоя, и в процессе обкатки сохранялось в пределах допустимых отклонений, используются приспособления пониженной жесткости [1].

К примеру, одним из таких приспособлений является однороликовая накатная головка вместе с суппортной державкой. Приспособление состоит из трех основных узлов: корпуса (базового агрегата), сменной роликовой головки с

роликом и штока с пружиной. Базовый агрегат представляет собой трубу с приваренной к ней державкой для установки в резцедержатель токарного-винторезного станка. Необходимое давление ролика на обкатываемый образец осуществляется винтовой тарированной пружиной и может меняться от 500 до 5000 Н (50-500 кгс) [4-6].

Характерным признаком методов ППД, основанных на схемах качения и внедрения, является стабильность формы и размеры ОД, а, следовательно, и сил обработки в стационарной фазе процесса. При обкатывании цилиндрических поверхностей с постоянной силой обкатывания процесс пластического течения в очаге деформации быстро стабилизируется. Профиль очага деформации становится стационарным уже через 3-5 оборотов детали после момента приложения силы (рис. 3).

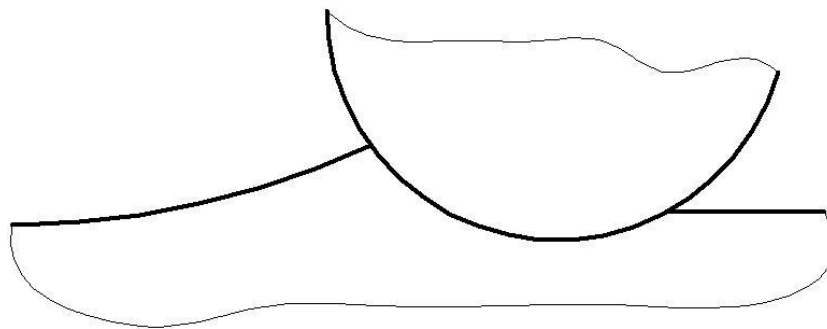


Рисунок 3 – Профиль установившегося (стационарного) ОД

Процесс обкатывания фасонных поверхностей имеет ряд отличий от процесса обкатывания цилиндрических поверхностей. Такой картины постоянства ОД добиться значительно сложнее, а используя универсальные станки, практически и невозможно. Этот процесс более нагляднее будет рассмотрен на примере обкатывания галтельных переходов.

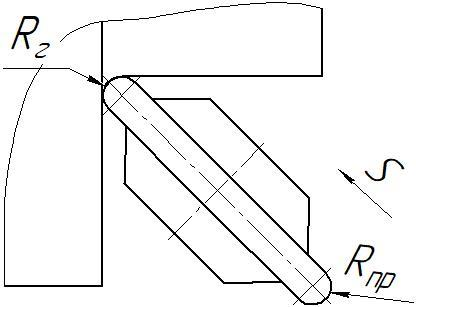
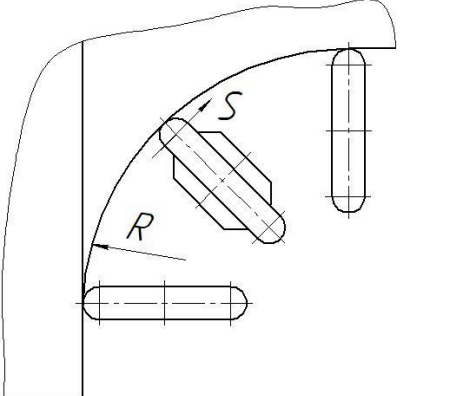
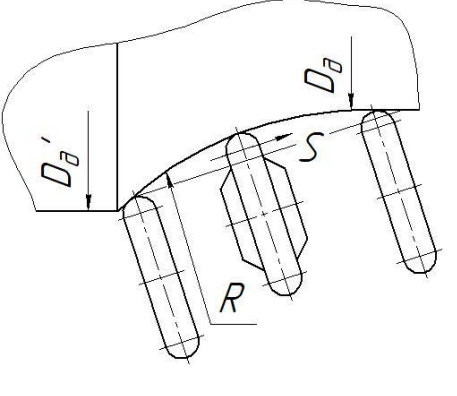
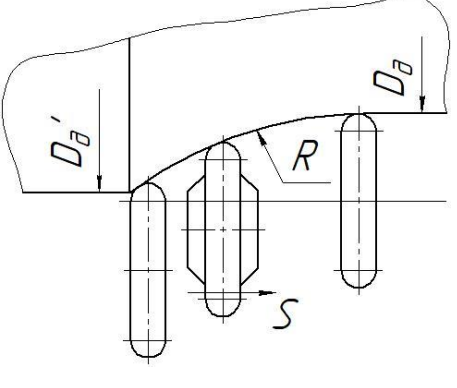
Существует несколько методов обкатки галтелей (табл. 2):

- обкатывание роликом, профильный радиус которого равен радиусу кривизны галтели. В этом случае ролик располагается под углом 45 градусов к оси упрочняемой заготовки. Этот метод достаточно эффективен для малых радиусов;
- обкатывание роликом, профильный радиус которого меньше в несколько раз радиуса кривизны галтели. Уменьшение профильного радиуса роликов – один из методов повышения эффективности обкатывания галтелей;
- обкатывание с использованием поворотных устройств. Они чаще используются для галтелей больших радиусов;
- обкатывание с использованием накатной головки с наклонным роликом. Она закрепляется в резцедержателе токарного станка [7].

При обкатывании наклонными и клиновыми роликами не требуется больших усилий, так как деформация на обрабатываемом участке происходит постепенно, при весьма малой мгновенной площади контакта. Однако такие ролики сложны в изготовлении. Обкатывание с подачами по хорде и вдоль оси вала происходит при неодинаковых условиях нагружения по длине хода. Поэтому обра-

ботку следует проводить так, чтобы наибольшее упрочнение металла происходило в зоне концентрации эксплуатационных напряжений. В этом случае эффективным является применение станков с ЧПУ [3].

Таблица 2 – Схемы обкатывания переходных поверхностей

Способ обкатывания	Схема обработки	Радиус переходной поверхности R , мм
Роликом с радиусом равным радиусу галтели		$R_r = R_{пр}$, до 25
Роликом с подачей по дуге образующей переходной поверхности		Св. 50
Роликом с подачей по хорде		Св. 2.5 ($D_{в'} - D_{в}$)
Роликом с подачей по оси вала		Св. 4 ($D_{в'} - D_{в}$)

Большое преимущество токарного станка с ЧПУ от универсального токарного станка в том, что на нем с легкостью можно выполнить обработку сложно-профильных образцов, в том числе усталостных образцов. Как было отмечено выше, на криволинейных плоскостях постоянство ОД добиться сложнее. Удобство обработки фасонных поверхностей на этом станке, заключается в том, что станок сам просчитывает траекторию движения инструмента, которая эквидистантна профилю заготовки.

Для того чтобы выполнить такое перемещение, система ЧПУ вынуждена поддерживать такое соотношение скоростей движения по осям, чтобы траектория перемещения ролика соответствовала заданной. На универсальных станках человеку такое выполнить невозможно. На станке с ЧПУ работу по расчету этих промежуточных опорных точек выполняет специальное устройство, входящее в состав подсистемы управления, – **интерполятор**.

Интерполятор непрерывно в соответствии с заданными перемещениями поддерживает функциональную связь между опорными точками и оценивает отклонения от заданной траектории, стремясь свести их к минимуму. Так как в современных станках разрешение системы ЧПУ приближается к 0,001 мм, то получаемое перемещение можно рассматривать как гладкое. Схемы линейной и круговой интерполяции представлены на рис. 4 [8].

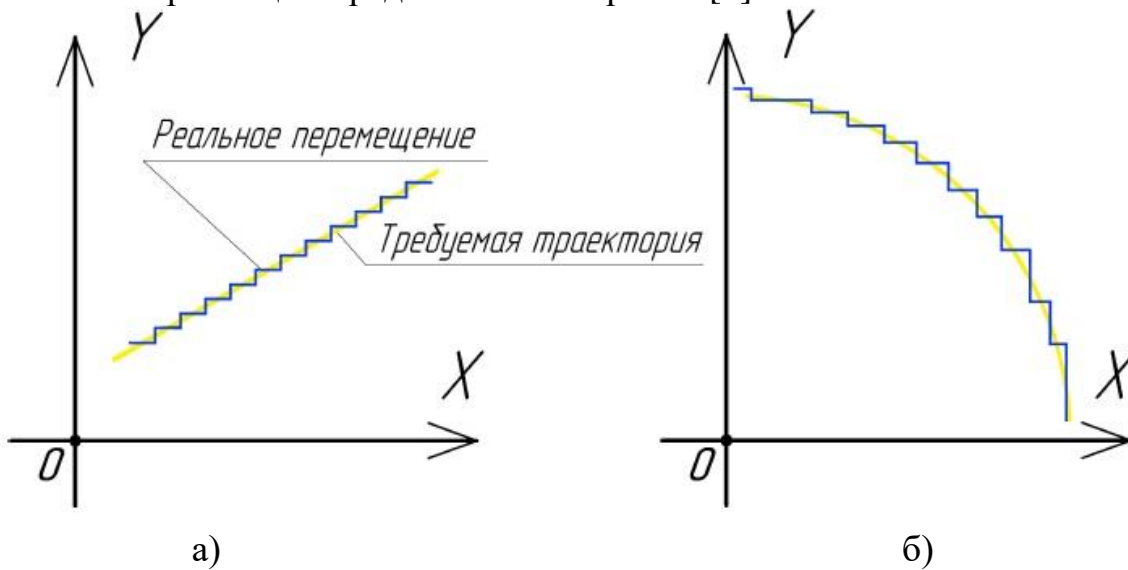


Рисунок 4 – Схемы интерполяции: а) линейная; б) круговая

Анализируя все выше сказанное можно выделить несколько особенностей механической обработки усталостных образцов на токарном станке с ЧПУ.

Во-первых, полная автоматизация процесса, не считая написания управляющей программы и задания правильных режимов обработки.

Во-вторых, отсутствие «человеческого фактора» как при работе на универсальном токарном станке.

И в-третьих, самое главное, это возможность добиться квазистационарного состояния ОД на сложнопрофильных поверхностях, что соответственно даст лучшее качество поверхностного слоя и положительно скажется на долговечности детали.

Список литературы:

1. Браславский, В. М. Технология обкатки крупных деталей роликами / М.: Машиностроение, 1976.- 158 с.
2. Гузеев, В. И. Режимы резания для токарных и сверлильно-фрезерно-расточных станков с числовым программным управлением.: справочник / В.И. Гузеев [и др.] – М.: Машиностроение, 2005.- 368 с
3. Смелянский, В. М. Механика упрочнения деталей поверхностным пластическим деформированием / В. М. Смелянский. – М.: Машиностроение, 2002. – 300 с., ил.
4. ГОСТ 16342-70 Головки роликовые на усилия 250 и 500 кгс. Конструкция и размеры.
5. ГОСТ 16339-70 Державки суппортные для роликовых головок на усилия 250 и 500 кгс. Конструкция и размеры.
6. Суслов, А. Г. Технология и инструменты отделочно-упрочняющей обработки детали поверхностным пластическим деформированием: справочник. В 2-х томах. Т. 1 / А.Г. Суслов [и др.] – М.: Машиностроение, 2014.- 480 с.
7. Одинцов, Л. Г. Упрочнение и отделка деталей поверхностным пластическим деформированием.: справочник / М.: Машиностроение, 1987.- 328с
8. Ловыгин, А. А. Современный станок с ЧПУ и CAD/CAM-система / М.: ДМК Пресс, 2012. – 279 с.