

## МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ ДЛИННОМЕРНЫХ ДЕТАЛЕЙ В СЕРИЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

А.С. Денисов, П.Е. Егоров

Говоря о механической обработке длинномерных деталей в настоящей работе, будем иметь ввиду точение и фрезерование деталей типа «стержень», два размера которого (ширина и высота) мала по сравнению с третьим размером (длиной).

Переход от единичного к мелкосерийному и серийному производству изготовления СУЗ ШЭМ-3 и комплектующих к ним потребовал внедрения изменений в технологические процессы и изменение принципов построения производства. А изменение парка станочного оборудования при сохранении численности рабочего персонала - повышения эффективности в разы.

Технологические аспекты изготовления включают в себя организационно-технические мероприятия, целью которых является уменьшение времени изготовления деталей и узлов. В этом случае, разберем область технологических аспектов, которые повлияли на изготовления определенных типов деталей. Эти детали имеют важные отличительные особенности и являются сложной технической частью изделия. Не принимая во внимание административно - организационные мероприятия, проведенные в связи с этим, отметим, что это существенная часть и в том числе выполненная в рамках "Производственной системы Росатома" (ПСР). Применение этих методов на 20-30% изменило ход выполнения производственного задания.

В качестве рассматриваемых примеров возьмем две детали: «Стойка» и «Штанга». Конструктивной особенностью этих деталей является большое отношение длины к диаметру (порядка  $l \approx (142-162)d$ ).

«Штанга» (рисунок 1) предназначена для связи поглощающих стержней с подвижными звеньями блока перемещения СУЗ ШЭМ-3. «Штанга» представляет собой цилиндрическую рейку с нанесенными с равным шагом проточками. Равномерность нанесения зубьев обеспечивает регулирование положения стержней.

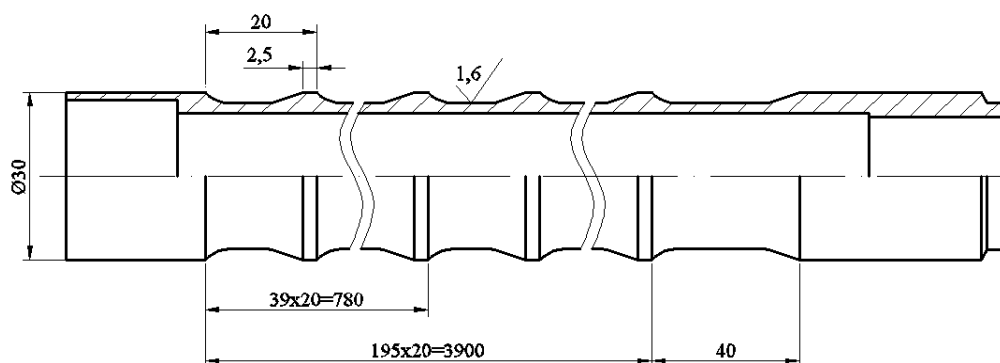


Рис. 1 Эскиз детали «Штанга»

Длина «Штанги» 4275 мм, диаметр Ø30 мм, длина нарезной части 195x20=3900 мм, шаг 20 мм, каждые 39 шагов должен быть выдержан интервал 780 мм; заготовка - предварительно подготовленная труба.

Вторым примером рассмотрим деталь «Стойка» (рисунок 2). Это деталь, длиной 1950 мм и диаметром Ø30 мм. Заготовка цилиндрическая из калиброванного прутка, предварительная механическая обработка цилиндрической части не производится. На сечении А-А показан профиль детали: лыска с одной стороны и паз, шириной 7 мм с другой на всю длину детали.

Формирование профиля деталей производят разными технологическими способами. Изготовление канавок на детали «Штанга», в заданном интервале, производят на станках

токарной группы; изготовление лысок и пазов детали «Стойка» - на станках фрезерной группы.

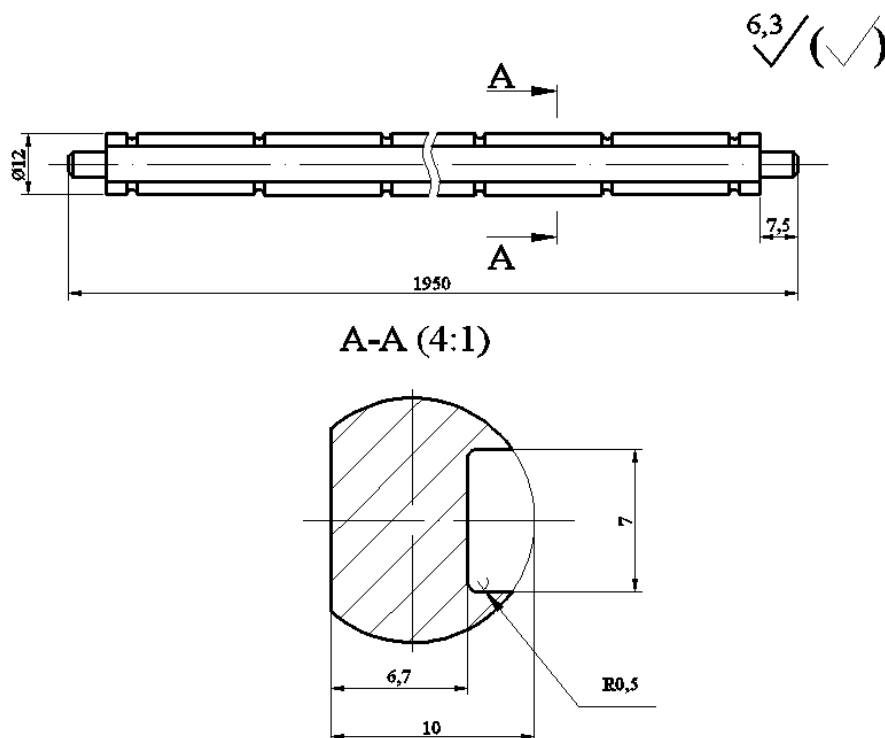


Рис.2 Эскиз детали «Стойка»

Особенность этих деталей - необходимость их обработки «с переустановом», так как часть детали находится вне рабочей зоны, а в случае со «Штангой» и вне габаритов станка. Это связано с тем, что рабочая зона станков, на которых эти детали изготавливаются, меньше длины деталей.

Рассмотрим аспекты изготовления «Штанги». Шаг повторения профиля канавки равен 20 мм, при этом поле допуска составляет порядка десятой доли миллиметра. В интервале 39 шагов изменение длины 780 мм должно находиться в допуске менее одного миллиметра. Деталь изготавливается на токарном станке, имеющем два шпинделя с трехкулачковыми патронами. Базирование происходит по наружной поверхности. Расстояние между кулачками шпинделей составляет 145 мм, это обеспечивает нарезание пяти канавок за один «установ».

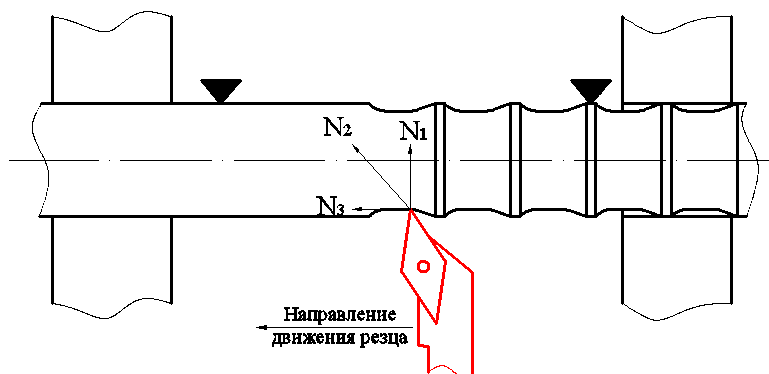


Рис.3 Реакция силы резания при токарной обработке «Штанги»

Расстояние между кулачками шпинделей было определено опытным путем для обеспечения жесткой системы СПИД (станок-приспособление-инструмент-деталь) так, чтобы сила резания не выгибала деталь и диаметр в максимальной точке прогиба оставался в допуске. Необходимо учесть, что при износе режущей кромки пластины сила резания возрастает в 3-5 раз. Так, например, новая пластина испытывает реакцию в 40 Н, то через 15 минут обработки 08X18H10T она возрастает до 150 Н.

При точении длинномерных деталей проявляется пластическая деформация. Резец движется вдоль оси детали, вектор силы резания всегда направлен в одном направлении. Выяснилось, что величина пластической деформации зависит от партии заготовок. В пределах одной плавки величины деформаций находятся в постоянном диапазоне и меняются между плавками (партиями). Расчетам данное значение не поддается, поэтому был применен так называемый коэффициент пластической деформации, который рассчитывается как  $\Delta_1$  – относительное удлинение первой детали (из партии)  $\Delta_1 = L_{\text{факт}} - L_{\text{зад}}$  и относится к числу шагов:

$$k = \frac{\Delta_1}{195} \quad (1)$$

Коэффициент  $k$  может корректироваться оператором в процессе изготовления. Величины коэффициента  $k$  изменяются в пределах 0,02 - 0,03 мм. По своей сути  $k$  - величина коррекции размера шага канавки после линейной деформации предыдущих канавок. С точки зрения строения кристаллической решетки этот коэффициент учитывает изменение в схеме напряжения твердого тела после механического деформационного воздействия.

Станок оснащен системой ЧПУ с опцией беспроводной измерительной системы, способной мерить профиль детали. То есть можно измерить фактическое положение поверхностей детали после перехвата. Это было реализовано следующим образом: перед тем как нарезать профиль на месте первой канавки делается надрез, затем нарезаются четыре канавки, а на месте шестой канавки делается еще один надрез (рисунок 4а). Поверхность А относительно координат Z станка имеет постоянную величину. Торцы канавок (А и В) точатся отдельным инструментом, погрешность исключается (это подтверждено тестовыми замерами). После перехвата (рисунок 4б) производится измерение фактического положения. Разница между  $Z_{\text{факт}} - Z_{\text{теор}} = \Delta_{\text{базир}}$  - есть погрешность базирования. Значение  $\Delta_{\text{базир}}$  находится в пределах от 0,3 до 0,8 мм. Ошибки базирования связаны с тем, что базовые поверхности трубы заготовки не являются идеальными и имеют отклонения формы, размера, соосности.

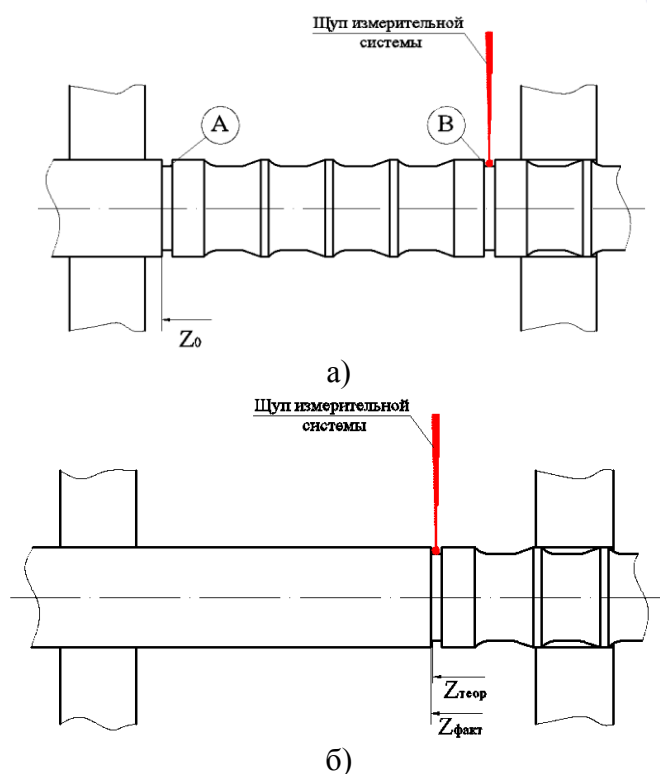


Рис.4 Измерение «Штанги» при обработке с перехватом: а) после проточки 5 канавок, б) после перехвата

Особое значение при обработке тел вращения длинномерных деталей приобретает «борьба» с вибрациями. В жестком закрепленном состоянии находится небольшой промежуток. А при точении трубной заготовки с тонкими стенками сильно зажать деталь в патроне не возможно, так как воздействие кулачков приведет к деформациям детали. Превращают их из формы круглого сечения в треугольные. С другой стороны деталь должна быть закреплена жестко, так как частота вращения заготовки достигает 1200 об/мин. Режимы рекомендованы производителем инструмента и откорректированы, согласно условиям работы. Основным условием должно быть то, что инструмент в процессе работы не должен заменяться. Одной режущей кромки должно хватать до конца изготовления одной детали. Замена может происходить только после снятия готовой детали со станка.

Необходимо удерживать вращающиеся части заготовки вне зоны обработки. Приспособление должно гасить вибрации, давать заготовке возможность осевого перемещения при перехвате и должно отвечать требованиям простой загрузки и съема детали.

Устройство было спроектировано и реализовано по принципу резинометаллической втулки. Для загрузки - выгрузки детали блок-втулка раскрывается по оси (смотри рисунок 5).



Рис.5 Фото раскрывающегося приспособления

Внутренняя втулка изготовлена из капролактама и подвешена к корпусу блока через резиновые виброгасители. Виброгасители съемные, с возможностью их замены после износа. Толщина виброгасителей зависит от свойств используемой резины. В рабочем состоянии блок-втулка закрывается накидным болтом с гайкой. Блок-втулки монтируются на стойках, которые устанавливаются по обеим сторонам станка. Стойки регулируются по высоте, блоки могут перемещаться поперек оси, таким образом, удерживающее свойство может быть отрегулировано по оси шпинделей станка (смотри рисунок 6).

Количество блоков рассчитывалось из количества перехватов и составляет 8 с одной стороны и 8 - с другой.

Данное устройство почти полностью поглощает вибрации от вращения трубы штанги в диапазоне до 1500 об/мин. Капролактамовые втулки имеют высокую износостойкость к истиранию и позволяют осуществлять свободное перемещение штанги вдоль оси.

Также частично была изменена конструкция станка: так как зажим кулачков осуществляется гидравлической системой, передающие устройства были спроектированы и переделаны под диаметр «Штанги» на обоих шпинделях. В ограждении станка сделаны проходные люки не пропускающие СОЖ.



Рис.6 Приспособление, установленное на станок

Применение этого приспособления в комплексе с наладкой станка существенно упростило процесс изготовления детали, а производительность увеличилась в 2 раза; позволило на этой операции применять труд оператора станка вместо высококвалифицированного токаря.

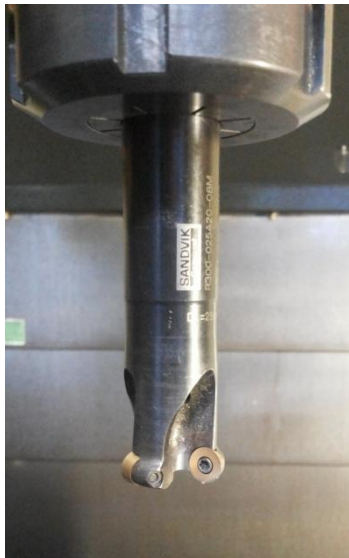
Формирование профиля детали «Стойка» производится на станках фрезерной группы. Деталь закреплена на станине, вибрации передаются от вращения инструмента. Отличительной особенностью этой детали является то, что ее базирование и крепление в приспособление должно отвечать условиям скоростной обработки. Обработка производится из калиброванного прутка, подрезанного в размер с заточками с двух сторон и с канавками, сделанными на предыдущих операциях. Одной операциях делается лыска, затем производят переустанов в приспособлении и лыска делается до конца детали (смотри рисунок 7).



Рис.7 Фото приспособления для фрезерования лысок с переустановом

При этом деталь зажата наполовину, при переустанове каждый раз приходится базировать относительно обработанной поверхности. Далее относительно лыски по той же схеме с двумя установками изготавливается паз 7 мм

В связи с вводом в эксплуатацию нового оборудования с рабочим ходом более двух метров и с автоматической сменой инструмента была предложена идея использовать разные типы фрез. При изготовлении лыски - концевую фрезу, а паз - специальной дисковой фрезой со сменными пластинами (рисунок 8). Для уменьшения подготовительного времени приспособление должно быть одно на оба вида обработки.



а)



б)

Рис.8 Фото фрезы для обработки «Стойки»: а- концевая, б- дисковая

Для решения поставленной задачи было спроектировано и изготовлено приспособление, профиль которого показан на рисунке 9. Деталь устанавливается в канавку 2 приспособления 1 после чего снимается лыска, далее происходит переустанов детали в канавку 3 и обрабатывается паз (обрабатываемые поверхности выделены жирной линией).

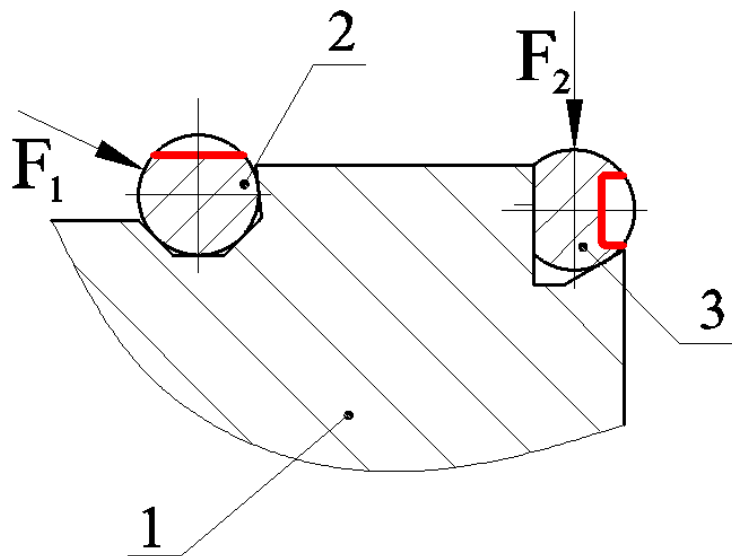


Рис.9 Схема приспособления для фрезерной обработки детали типа «Стойка»

За счет силы  $F_1$ , направленной под некоторым углом к плоскости обработки и обратного угла верхней кромки приспособления равного  $83^\circ$ , деталь жестко и однозначно базируется плоскостям канавки. Равный шаг между прижимами и одинаковая сила затяжки каждого прижима обеспечивают равномерность силы контакта детали и приспособления. Количество прижимов определено из условия распределенной силы в 100 Н на 250 миллиметров длины детали. Рассчитанное количество прижимов обеспечивает надежное крепление детали в приспособлении. На рисунке 10 показана деталь в приспособлении, установленная для фрезерования паз.





Рис.10 Деталь «Стойка» в приспособлении

В результате применения приспособления, позволяющего однозначно базировать детали, проводить обработку поверхности детали за один установ удалось исключить квалификационную значимость рабочего и понизить требуемую квалификацию оператора.

Надежное крепление и применение скоростного инструмента привело к значительному сокращению времени обработки, увеличению точности и сокращению шероховатости получаемых поверхностей.

Основной задачей любого производства является снижение затрат при изготовлении изделий с требуемым качеством и необходимыми партиями. Описанные выше результаты однозначно говорят о повышении эффективности обработки длинномерных деталей. Исходя из этого, концептуально можно выделить следующие принципы: техническое решение должно подчиняться задаче по снижению затрат, основным законом снижения затрат может считаться уменьшение времени изготовления, а вторым - уменьшение требуемого квалифицированного персонала.