Министерство Образования Российской Федерации

Тольяттинский Государственный Университет

Кафедра Профессиональное обучение и педагогические технологии

Факультет Профессиональное обучение

###### Проектирование резьбонакатных затылованных роликов

Методическое пособие

к курсовому проектированию

по дисциплине

Металлорежущие инструменты

Тольятти – 2003

**Содержание**

Введение

1. Стали, применяемые для изготовления резьбонарезных роликов

1.1 Технические условия на изготовление роликов

2. Проектирование резьбовых роликов

2.1 Расчет резьбового профиля резьбонакатных роликов с открытым контуром

2.2 Определение числа заходов резьбы роликов

2.3 Определение ширины роликов

2.4 Расчет диаметров роликов

2.5 Выбор типа загрузочно-разгрузочных участков и определение их основных конструктивных элементов

3. Расчетные формулы РТМ – 018

4. Пример расчета резьбонакатных роликов для резьб M12x1,25 – 6g

Перечень рекомендуемой литературы

**сталь проектирование резьбовой ролик**

# Введение

Резьбовые соединения в автомобиле «Жигули» являются весьма распространенными и ответственными конструктивными элементами наиболее сложных и высоконагруженных узлов. При выходе АвтоВАЗа на выпуск 660 тысяч автомобилей в год завод будет употреблять около 1,5 миллиардов болтов, винтов и др. метизных резьбовых деталей. Двигатель содержит в себе 147 корпусных и других деталей, изготовляемых из различных конструкционных материалов (без неметаллов). Из них в 37 деталях, т.е. в каждой четвертой, имеются резьбы в количестве 214 штук. При сборке двигателя употребляется 214 шпилек (с резьбой нулевого класса точности), болтов и др. резьбовых метизов. Таким образом, на каждую корпусную и др. металлическую деталь двигателя приходится почти три резьбовые поверхности, т.е. коэффициент наличия резьб «P» составляет 3.

Аналогичная картина наблюдается и по остальным основным узлам, выпускаемым у нас в стране, легковых автомобилей.

Наружные резьбы в механосборочном производстве ВАЗа изготавливаются методами накатывания и резьбонарезанием различными головками, причем метод накатывания составляет 55,7% от общего количества.

Накатывание наружной резьбы является одной из наиболее прогрессивных, высокопроизводительных технологических методов, позволяющих получить резьбу с увеличенной прочностью.

Процесс накатывания в зависимости от конструкции детали производится на различном оборудовании и несколькими разновидностями резьбонакатного инструмента.

При накатывании резьбы вместо процесса резания осуществляется процесс, близкий к прокатке.

При постепенном сближении накатных роликов и обкатывании заготовки происходит выдавливание ее материала с поверхностных слоев в витки резьбы роликов. Процесс продолжается или до полного заполнения витков резьбы роликов (при замкнутом контуре инструмента) или до получения полного профиля резьбы на детали (при работе роликов с открытым контуром). Таким образом, при накатывании резьбы роликами происходит пластическое деформирование наружного слоя заготовки, которое вызывает изгиб наружных волокон металла, эквидистантно профилю резьбы. Следовательно, процесс накатывания резьбы роликами происходит без снятия стружки с заготовки. Благодаря изгибу, а не резанию волокна не перерезаются, и резьба получается более прочной. Кроме того, поверхность резьбы получается уплотненной и с наличием наклепа.

Накатная резьба по сравнению с нарезной имеет увеличенную усталостную прочность (до 30%).

В настоящем руководящем техническом материале (РТМ–018) рассмотрены вопросы, связанные с изготовлением наружных резьб накатыванием с затылованным профилем на резьбонакатных станках фирмы «Pee Wee». Указанные станки позволяют получить резьбу на деталях:

а) типа валов, шпилек, болтов;

б) с точностью 4h6h;

в) с чистотой ∇6.

На ВАЗе этот метод применяется широко и обеспечивает изготовление более 30% деталей, изготавливаемых методом накатывания.

Особенностью накатывания наружной резьбы затылованными роликами является использование 2-х роликов, один из которых с затылованным резьбовым профилем, а другой цилиндрический, конструкция которого ничем не отличается от конструкции обычных роликов, за исключением паза под шпонку.

Затылованный ролик в отличие от цилиндрического ролика по окружности имеет заборную, калибрующую и сбрасывающие части. Подъем профиля на заборной части ролика обеспечивает [6]:

а) внедрение витков в заготовку при постоянном межосевом расстоянии роликов без участия механизма радиальной подачи станка;

б) возможность сделать на окружности ролика по два-три заборных и калибрующих участка и, таким образом получать за один оборот роликов не одну, а две или три детали с резьбой;

в) более благоприятное профилирование накатываемой резьбы, что положительно сказывается на повышении точности обработки и улучшения качества поверхности.

При накатывании резьбы двумя роликами деталь устанавливается между двумя принудительно вращающимися роликами. Накатывание резьбы на детали происходит благодаря сближению роликов, которое осуществляется перемещением одного из роликов в радиальном направлении к детали и другому ролику.

Чтобы получить правильную по профилю и размеру резьбу, ролики должны быть точно установлены один относительно другого в осевом направлении. Вершина ниток резьбы одного ролика должна совпадать с центром впадины другого или против впадины одного должна быть вершина другого, в зависимости от числа заходов резьбы. В противном случае резьба получится с уступами и сдвоенная.

Правильный расчет (выбор) всех участков затылованного ролика, оказывает большое влияние на производительность процесса накатывания. От основных участков, заборного и калибрующего, зависят не только производительность процесса, но точность и качество изготавливаемой резьбы.

Заборная часть роликов (рис. 3.6.1) выполняется с затылованием по спирали Архимеда по всем элементам профиля резьбы ролика, имеющего те же высотные параметры, что и цилиндрический ролик.

Калибрующая часть ролика выполнена с диаметром, равным диаметру цилиндрического ролика; выходная часть выполняется затылованной по полному профилю резьбы.

В настоящее время в цехах МСП ВАЗа применяются резьбонакатные ролики с затылованным профилем с одним загрузочным участком. При выполнении совместной научно-исследовательской работы ТПИ-ВАЗ разработана усовершенствованная конструкция аналогичных роликов с двумя загрузочными участками, что значительно повысит производительность процесса.

Типовой чертеж новых роликов прилагается к настоящему РТМ-018.

**1. Стали, применяемые для изготовления резьбонарезных роликов**

Холодное накатывание резьб характеризуется высокими удельными давлениями на рабочий инструмент. Поэтому материалы, применяемые для изготовления накатного инструмента, должны обладать следующими свойствами: высокой износостойкостью, прочностью и сопротивлением пластической деформации; высокой износостойкостью; достаточной вязкостью и повышенной теплостойкостью. Опыт холодного накатывания показал, что инструмент, как правило, выходит из строя из-за разрушения, а не из-за износа. Поэтому при выборе сталей для накатного инструмента и их последующей обработке необходимо стремиться к получению максимальной прочности рабочей части инструмента.

Практика передовых заводов показывает, что при изготовлении инструмента для холодного накатывания рекомендуется применять стали Х12М, Х12Ф1, Х6ВФ и 55Х6В3СМФ (ЭП569). По классификации Ю.А. Геллера эти стали относятся к группе 3в – стали высокой прокаливаемости и с минимальными объемными изменениями после термообработки.

При накатывании резьб на заготовках из легированных термообработанных сталей HRC 33-37 применяется быстрорежущая сталь марки Р18.

Всесоюзным научно-исследовательским инструментальным институтом (ВНИИ) разработаны две новые стали 55Х6В3СМФ (ЭП569) и 80Х4В3М3Ф2 (ЭП570) для изготовления накатных роликов. Эти стали обладают более высокими показателями механических свойств и повышенной теплостойкостью.

Широкое применение высокохромистых инструментальных сталей типа Х12 для изготовления накатного инструмента объясняется более высокой прочностью их по сравнению со среднелегированными и высокоуглеродистыми сталями.

Высокое содержание углерода (1% и выше) при наличии 6-12% хрома и таких легирующих элементов, как молибден, ванадий и вольфрам, позволяет после закалки получать в этих сталях максимально твердую мартенситную основу с включением карбидных частиц. Такое сочетание структурных составляющих придает сталям относительно высокую прочность и износостойкость.

Недостатком сталей типа Х12 является грубая карбидная неоднородность. Ковкой и прокаткой карбидная неоднородность несколько снижается, но полностью не устраняется.

Стали Х6ВФ и 55Х6В3СМФ по сравнению со сталями типа Х12 за счет пониженного содержания хрома и углерода имеют значительно меньшую карбидную неоднородность.

Карбидная неоднородность в структуре металла инструмента, предназначенного для деформирования, ведет к резкому сокращению срока его службы. Как показали результаты исследований, карбидная неоднородность высокохромистых сталей оказывает существенное влияние на стойкость накатного инструмента: стойкость инструмента тем выше, чем меньше карбидная неоднородность стали. Разрушение накатного инструмента происходит прежде всего на участках скоплений карбидных включений.

Для оценки качества проката сталей типа Х12 и Х6ВФ разработаны 10-бальные шкалы карбидной неоднородности, которые вошли в ГОСТ 5950-63 под названием «Шкалы макро- и микроструктур». Шкала №2 предназначена для оценки карбидной неоднородности сталей марок Х12 Х12М Х12Ф1, шкала №3 – стали Х6ВФ. Как показала отечественная и зарубежная практика, эффективным средством повышения механических свойств ледебуритных сталей и стойкости инструмента является ковка заготовок с применением многократной осадки и вытяжки. Ковка приводит к раздроблению крупных избыточных карбидов, измельчению остатков ледебуритной сетки и равномерному распределению карбидов в структуре металла.

Степень карбидной неоднородности в поверхностном слое металла заготовок резьбонакатных роликов можно уменьшить путем ковки с многократной осадкой и вытяжкой. Карбидная неоднородность после ковки не должна превышать 1-3 балла.

Поковки для роликов изготовляются из отдельных заготовок, отрезаемых от штанг диаметром 100…150 мм.

Нагрев заготовок из сталей Х12М и Х12Ф1 под ковку рекомендуется производить по следующим стадиям:

* 1. предварительный прогрев в течение 30-45 минут при температуре печи 700°С;
  2. повышение температуры печи до 850…900°С и выдержка при этой температуре также в течение 30…45 минут;
  3. нагрев заготовок до температуры 1080±20°С (для стали Х12М допускается нагрев до температуры 1160±20°С);
  4. выдерживание при этой температуре в течение 10…20 минут.

Для стали Х6БФ необходим медленный нагрев заготовок до 800…850°С и выдержка при этой температуре в течение 30…45 минут. Затем следует быстрый нагрев до 1050°С и выдержка при этой температуре 10…20 минут.

Ковку следует производить частыми ударами под молотом мощностью 3 тонны.

Ковка крупных профилей сталей типа Х12М может быть рекомендована путем трехкратной осадки вытяжкой, обеспечивающей снижение карбидной неоднородности в среднем на 2…3 балла.

Окончание ковки сталей Х12М и Х12Ф1 следует производить при температуре 870…920°С

Система технологических переходов при ковке должна обеспечить степень укова не менее трехкратной.

Контроль балла карбидной неоднородности производится путем разрезки одной поковки из партии и её исследовании вдоль образующей на глубине 15…20 мм.

Для отжига поковок применяют камерные или муфельные печи, работающие на нефтяном или газовом топливе, либо электрические печи. Поковки укладывают в печь в открытом виде. Режим отжига: температура отжига 830-8500С (для стали Х12М 850…870°С) нагрев до этой температуры со скоростью не более чем 30° в час; выдержка при 830…850°С в течение 3 часов; охлаждение со скоростью не более 30° в час до 550°С и далее вместе с печью. Твердость поковок в отожженном состоянии HB 187…228 (диаметр отпечатка 4,0…4,4 мм).

**1.1 Технические условия на изготовление роликов**

С целью повышения стойкости роликов и качества изготовления резьбы по ее геометрическим параметрам, по ее чистоте и качеству поверхностного слоя инструмент изготовлять с конечной твердостью в пределах HRC 61-63 и обязательным шлифованием профиля [13]. Для осуществления новых требований, предъявляемых к роликам их изготовление следует вести в несколько этапов:

1. предварительное изготовление профиля резьбы методом накатывания с оставлением припуска под окончательное шлифование;
2. окончательная термообработка;
3. окончательное шлифование с целью удаления дефектных слоев и получения заданной точности.
4. Материал – сталь марок Х12М, Х12Ф1 по ГОСТ 5950-63 с карбидной неоднородностью материала в переделах 1…3 балла и с твердостью HRC 58…60.
   1. Заготовку роликов подвергать 3-х кратной проковке с последующими отжигами.
   2. На заготовке профиль резьбы накатывать с припуском 0,3-0,5 мм с последующей окончательной термообработкой и шлифовкой профиля по наружному диаметру для удаления «кратера» и по среднему диаметру с необходимой точностью по профилю.
   3. Число заходов резьбы роликов – (15)\* (угол подъема 2±04).
   4. Комплект состоит из двух штук. Разность наружных и средних диаметров роликов одного комплекта не более ±0,05мм.
   5. При изменении размера между комплектами (пункт 5) размеры радиусов роликов изменить в соответствии с изменением наружного диаметра.
   6. Биение наружного и среднего диаметров резьбы относительно посадочного отверстия не более 0,015 мм.
   7. Конусность и овальность резьбы по среднему диаметру не более 0,02 мм на 100 мм длины.
   8. Накопленная погрешность шага резьбы роликов на длине 25 мм не более 0,01 мм.
   9. Предельные отклонения половины угла профиля резьбы с шагом 1,25 … 1,5 мм ±10’.
   10. Биение торцов ролика относительно отверстия на диаметре 100 мм не должно превышать 0,010 мм.
   11. Остальные технические требования по ГОСТ 9539-60.
   12. Элементы профиля должны быть проверены на всех заходах.
   13. Маркировать материал, шифр, резьбу, дату изготовления.
   14. Через каждые 15…20 тыс. накатанных деталей ролики подвергнуть низкотемпературному отпуску.
   15. Ролики хранить и транспортировать в таре.

**2. Проектирование резьбовых роликов**

**2.1 Расчет резьбового профиля резьбонакатных роликов с открытым контуром**

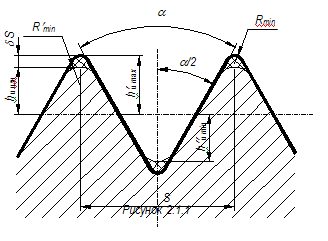


Рис.

### В общем случае максимальная высота головки профиля инструмента, формирующей впадину профиля резьбы детали определяется по формуле (1) (рис.2.1.1):

|  |  |
| --- | --- |
|  | ( 1 ) |

где: d2 max – максимальный средний диаметр резьбы детали;

d1 max – максимальный внутренний диаметр резьбы детали;

– величина запаса на износ [ ];



– величина допуска на изготовление [ ].



ΔH – допуск на наружный диаметр резьбы детали.

### Минимальная высота ножки профиля резьбы инструмента:

|  |  |
| --- | --- |
|  | ( 2 ) |

где: ΔS = 0,025S – дополнительная величина, исключающая касание впадин профиля резьбы инструмента и вершин профиля резьбы изделия.

Примечание: Для резьб с шагом до 1,5 мм включительно ΔS = 0.

### Радиус закругления профиля резьбы инструмента в общем случае определяется по формуле:

|  |  |
| --- | --- |
|  | ( 3 ) |

### Для метрических резьб, у которых угол профиля α = 60°, высота головки резьбового профиля инструмента определяется по формуле:

|  |  |
| --- | --- |
|  | ( 4 ) |

где: δa – величина допуска на изготовление.

### Допустимая высота изношенного профиля резьбы:

|  |  |
| --- | --- |
|  | ( 5 ) |

### Минимальная высота ножки резьбового профиля инструмента для резьб с углом профиля α = 60° определяется по формуле:

|  |  |
| --- | --- |
|  | ( 6 ) |

Для накатываемых резьб с шагом до 1,5 мм включительно:

|  |  |
| --- | --- |
|  | ( 7 ) |

Примечание: Величина H″u ограничивает прямолинейный участок ножки резьбового профиля инструмента. Форма впадины должна выполняться закругленной. Величина радиуса R произвольна, но не должна превышать величины:

|  |  |
| --- | --- |
|  | ( 8 ) |

### Минимальный радиус закругления вершины головки профиля резьбы инструмента для резьб с углом профиля α = 60° определяется соотношением:

|  |  |
| --- | --- |
|  | ( 9 ) |

Размеры высотных параметров профиля метрической резьбы по ГОСТ 16093–70 приведены в таблице 2.1.1

Таблица 2.1.1

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| S  Шаг | h’u  Высота головки | δа  Допуск на высоту головки | Rmin  Радиус закругления | h’u изн  Максимальная изнош. высота | H»u min  Высота ножки зуба | ∠α/2  Допуск на половину угла проф. |
| 0,35 | 0,114 | 0,0085 | 0,0378 | 0,095 | 0,214 | 0±45’ |
| 0,4 | 0,13 | 0,0095 | 0,0432 | 0,1085 | 0,13 | 0±45’ |
| 0,45 | 0,146 | 0,0100 | 0,0486 | 0,122 | 0,146 | 0±45’ |
| 0,5 | 0,163 | 0,0106 | 0,054 | 0,1355 | 0,163 | 0±40’ |
| 0,6 | 0,195 | 0,0126 | 0,0647 | 0,1625 | 0,195 | 0±40’ |
| 0,7 | 0,228 | 0,014 | 0,0756 | 0,188 | 0,228 | 0±35’ |
| 0,75 | 0,244 | 0,014 | 0,081 | 0,203 | 0,244 | 0±35’ |
| 0,8 | 0,26 | 0,015 | 0,0864 | 0,217 | 0,26 | 0±30’ |
| 1,0 | 0,325 | 0,018 | 0,108 | 0,271 | 0,325 | 0±30’ |
| 1,25 | 0,406 | 0,0212 | 0,135 | 0,339 | 0,406 | 0±25’ |
| 1,5 | 0,487 | 0,0236 | 0,162 | 0,406 | 0,487 | 0±25’ |
| 1,75 | 0,569 | 0,0265 | 0,189 | 0,474 | 0,6125 | 0±20’ |
| 2,0 | 0,65 | 0,028 | 0,216 | 0,542 | 0,7 | 0±20’ |
| 2,5 | 0,813 | 0,0335 | 0,27 | 0,678 | 0,875 | 0±20’ |
| 3,0 | 0,975 | 0,0375 | 0,324 | 0,813 | 1,05 | 0±20’ |

**2.3 Определение числа заходов резьбы роликов**

Для резьбонакатных роликов, работающих с ручной загрузкой заготовок, число заходов определяется исходя из наибольшего и наименьшего межосевого расстояния шпинделей резьбонакатного станка [ ]:

|  |  |
| --- | --- |
|  | ( 10 ) |

где:Amax – наибольшее межцентровое расстояние между накатными роликами;

Amin – наименьшее межцентровое расстояние;

d2 – средний диаметр резьбы детали;

k – число заходов;

Примечание: Amax и Amin берутся из паспортных данных станка.

Для роликов работающих с автоматизированной загрузкой заготовок число заходов резьбы определяется, исходя из наибольшего и наименьшего диаметров роликов, допустимых по паспорту применяемой модели станка:

|  |  |
| --- | --- |
|  | ( 11 ) |

где: Dmax – наибольший диаметр накатных роликов, определяемый паспортными данными станка;

Dmin – наименьший диаметр накатных роликов.

Примечание: Определенное число заходов k должно быть целым числом.

Определение величины фаски на роликах

Величина фаски на роликах зависит от величины сбега резьбы детали и определяется по формуле:

|  |  |
| --- | --- |
|  | ( 12 ) |

где: С – величина фаски;

H – высота профиля резьбы ролика;

β - угол наклона фаски.

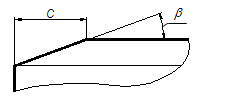


Рис.

В зависимости от формы сбега резьбы детали угол β может быть определен следующими соотношениями:

1. для формы сбега показанной на рис. 2.2.2.

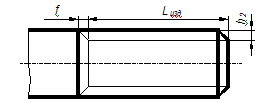


Рис.

|  |  |
| --- | --- |
|  | ( 13 ) |

где: hg – высота профиля резьбовой детали.

1. для формы сбега показанной на рис. 2.2.3

|  |  |
| --- | --- |
|  | ( 14 ) |

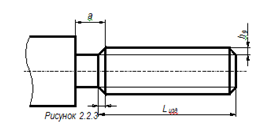


Рис.

Наиболее оптимальным значением угла является β = 20°.

**Определение ширины роликов**

### Ширина роликов одностороннего действия (и затылованных) определяется по формуле:

|  |  |
| --- | --- |
|  | ( 15 ) |

где:B – ширина роликов;

Lизд – длина накатываемой детали;

C – величина фаски роликов;

S – шаг резьбы.

### Ширина цилиндрических роликов двустороннего действия определяется по формуле:

|  |  |
| --- | --- |
|  | ( 16 ) |

Примечание: Наибольшая допустимая ширина роликов для данной модели резьбонакатного станка не должна превышать величины, указанной в паспортных данных станка. Расчет диаметров роликов

## В зависимости от назначения резьбонакатных роликов, расчет наружных диаметров выполняется следующим образом [ ]:

## Для резьбонакатных роликов по формуле:

|  |  |
| --- | --- |
|  | ( 17 ) |

где: Dнар – наружный диаметр роликов;

k – число заходов резьбы роликов;

d2 – средний диаметр резьбы детали;

d1 – внутренний диаметр резьбы детали;

#### Для резьбонакатных роликов, предназначенных для калибровки предварительно нарезанной резьбы по формуле:

|  |  |
| --- | --- |
|  | ( 18 ) |

где: h′u – высота головки резьбового профиля инструмента.

### Средний диаметр резьбы роликов рассчитываются по формуле [19]:

|  |  |
| --- | --- |
|  | ( 19 ) |

где: D2 – средний диаметр резьбы роликов.

### Расчет заборной части

Размеры заборной части затылованного ролика определяются величиной затылования Kp и длиной затылованного участка, определяемого углом заборной части ϕ3.

#### Величина затылования Kp состоит из величины запаса K3 и теоретической величины затылования KТ, т.е.

|  |  |
| --- | --- |
|  | ( 20 ) |

Или, с учетом составляющих величин K3 и KТ:

|  |  |
| --- | --- |
|  | ( 21 ) |

где: S – шаг накатываемой резьбы;

h’u – высота головки резьбового профиля инструмента;

d3 – диаметр заготовки под накатывание;

d2min – минимальный средний диаметр накатываемой резьбы;

#### Длина затылованного участка на чертеже ограничивается величиной угла заборной части ϕ3, зависящего от общей величины затылования Kp и величины подачи на оборот накатываемой заготовки S0.

Угол заборной части определяется по формуле:

|  |  |
| --- | --- |
|  | ( 22 ) |

где: d2 – средний диаметр накатываемой резьбы;

Dнар – наружный диаметр ролика определяемый по формуле( ) или ( );

S0 – величина подачи на оборот накатываемой заготовки.

В таблицах 2.4.1 и 2.4.2 приведены рекомендации по выбору подач S0 в зависимости от материала накатываемой детали и шага резьбы.

Рекомендуемая радиальная подача при накатывании резьбы для трудно обрабатываемых металлов [ ].

Таблица 2.4.1

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Радиальная подача S0, мм/об. | | | | |
| Шаг резьбы  S, мм. | Предел прочности при растяжении σb кг/мм2 | | | |
| До 50 | 50 - 70 | 70 - 90 | 90 и выше |
| До 1,0 | 0,04 - 0,06 | 0,025 - 0,035 | 0,015 - 0,02 | 0,018 - 0,015 |
| 1,0 - 1,5 | 0,06 - 0,08 | 0,035 - 0,045 | 0,025 - 0,030 | 0,018 - 0,02 |
| 1,75 - 3 | 0,08 - 0,10 | 0,05 - 0,06 | 0,035 - 0,045 | 0,02 - 0,025 |

Рекомендуемая радиальная подача при накатывании резьбы для материалов применяемых на АО «АВТОВАЗ».

Таблица 2.4.2

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Радиальная подача S0, мм/об. | | | | | |
| Шаг резьбы  S, мм. | Материал накатываемой детали | | | | |
| Сталь 0,8КП | Сталь 10 | Сталь АС1 | Сталь 43 | Сталь АС3512 |
| 0,7 | 0,075 | 0,05 | 0,06 | 0,04 | 0,04 |
| 0,8 | 0,075 | 0,05 | 0,06 | 0,045 | 0,045 |
| 1,0 | 0,09 | 0,078 | 0,08 | 0,07 | 0,07 |
| 1,25 | 0,17 | 0,15 | 0,16 | 0,135 | 0,13 |
| 1,5 | 0,23 | 0,21 | 0,22 | 0,2 | 0,20 |

#### Радиус начала заборной части Rн (рис.) определяется по формуле:

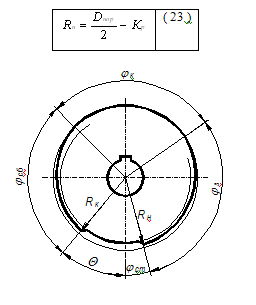


Рис.

### Расчет калибрующей части

Каллибрующая часть роликов определяется числом оборотов заготовки, необходимым на калибрование резьбы и характеризуется величиной угла калибрующей части ϕк.

#### Угол калибрующей части ϕк определяется по формуле:

|  |  |
| --- | --- |
|  | ( 24 ) |

где: d2 – средний диаметр резьбы детали;

D2 – средний диаметр резьбы ролика, определяемый по формуле (19);

nк – число оборотов необходимое на калибрование резьбы.

#### Число оборотов на калибрование резьбы затылованными роликами для углеродистых и легированных конструкционных сталей должно быть большим или равным одному обороту заготовки по среднему диаметру резьбы, но не должно превышать ¼ часть величины заборной части, т.е.

|  |  |
| --- | --- |
|  | ( 25 ) |

где: – теоретическая величина затылования



Примечание: Для материалов σв ≤ 100 кг/мм2 назначать nк ближе к 1.

### Расчет сбрасывающей части

Сбрасывающая часть затылованных роликов определяется числом оборотов заготовки ncб необходимым на безударный выход детали из зоны накатывания и характеризуется величиной угла ϕсб и величиной затылования Ксб сбрасывающего участка.

#### Величина угла сбрасывающей части ϕсб определяется по формуле:

|  |  |
| --- | --- |
|  | ( 26 ) |

Рекомендуется принимать nсб = 0,8.

#### Радиус конца сбрасывающей части определяется по формуле:

|  |  |
| --- | --- |
|  | ( 27 ) |

**2.4. Выбор типа загрузочно-разгрузочных участков и определение их основных конструктивных элементов**

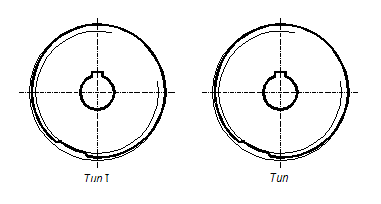


Рис.

|  |  |
| --- | --- |
| Рисунок 2.5.1 | Рисунок 2.5.2 |

Для накатывания резьб затылованными роликами в качестве транспортирующих устройств применяются транспортирующие диски и транспортирующие барабаны. В зависимости от транспортирующих устройств, применяемых при накатывании, затылованные ролики могут быть двух типов, отличающихся друг от друга загрузочно-разгрузочными участками.

К типу I (рис. 2.5.1) относятся ролики имеющие простую, неглубокую форму паза, так называемую «без углубления». К типу II (рис. 2.5.2) относятся ролики имеющие более сложную форму паза, так называемую «с углублением».

Резьбонакатные ролики с формой паза, выполненной по типу I используются с транспортирующим устройством, имеющим в своей основе барабан, а резьбонакатные ролики с формой паза, выполненной по типу II, используются с транспортирующими дисками.

### Резьбонакатные ролики с формой паза, выполненной по типу I.

Загрузочно-разгрузочное устройство по типу I имеет два основных размера: величину угла θ, ограничивающего этот участок и его глубину t, определяемую радиусом R3.

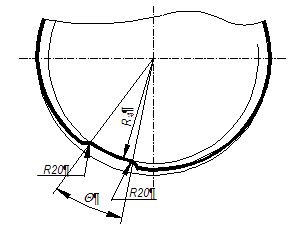


Рис.

Угол θ определяется по формуле:

|  |  |
| --- | --- |
|  | ( 28 ) |

где: Z – число звезд в транспортирующем барабане, обычно Z = 6…8.

Радиус R3, ограничивающий глубину паза определяется по формуле:

|  |  |
| --- | --- |
|  | ( 29 ) |

где: Rн – радиус начала заборной части;

hu – полная высота профиля резьбы инструмента.

### Резьбонакатные ролики с формой паза выполняющей по типу II.

Конструкция и размеры паза показаны на рис.2.5.4

Основными угловыми размерами являются:

|  |  |
| --- | --- |
|  | ( 30 ) |

где θ – угол, определяемый количеством пазов Z в транспортирующем диске;

Обычно Z = 8…12. ϕвых – вспомогательный угол, создающий дополнительное пространство для перехода накатываемой детали с ножа на магнит, который расположен в основании паза. Обычно принимают ϕвых = 15°; ϕcт – дополнительный угол необходимый для окончательной установки накатываемой заготовки на поддерживающий нож. Принимают ϕcт = 10…15°;

Линейные размеры:

m – часть ширины паза обычно принимают m ≥ 0,27d

где d – нормальный диаметр накатываемой резьбы;

h – глубина паза, максимальная ее величина ограничивается наименьшим радиусом магнита. Для накатывания деталей типа шпилек, винтов с головками или без них, имеющих диаметр не более номинального диаметра резьбы, данные размеры паза можно выбирать по таблице2.5.1.

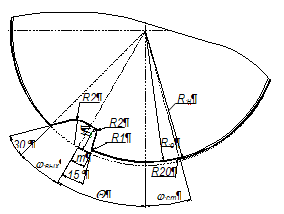


Рис.

При проектировании роликов для деталей имеющих бурты диаметром больше номинального диаметра накатываемой резьбы размеры m и h назначаются (с учетом вышеуказанных рекомендаций) конструктивно с последующей проверкой, исключающей столкновение заготовки, подаваемой в зону накатывания и накатанной деталью, удаляемой из зоны накатывания во встречном направлении.

*Таблица* *2.5.1*

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Резьба | Элементы паза ролика | | | | | |
| ϕ°вых | θ° | Z | ϕст | m | h |
| М4 | 15° | 30° | 12 | 10° | 8 | 12 |
| М5 | 15° | 30° | 12 | 15° | 8 | 15 |
| М6 | 15° | 30° | 12 | 15° | 9 | 16 |
| М8 | 15° | 30° | 12 | 15° | 10 | 16 |
| М10 | 15° | 30° | 12 | 15° | 12 | 15 |
| М12 | 15° | 30° | 12 | 15° | 14 | 18 |
| М14 | 15° | 40° | 9 | 15° | 16 | 18 |
| М16 | 15° | 40° | 9 | 15° | 17 | 18 |

Радиус участка заборной части без резьбы определяется из соотношения:

|  |  |
| --- | --- |
|  | ( 31 ) |

### Посадочные размеры резьбонакатных роликов выбирать по таблиц 2.5.2.

*Таблица* *2.5.2*

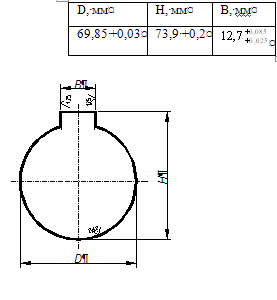
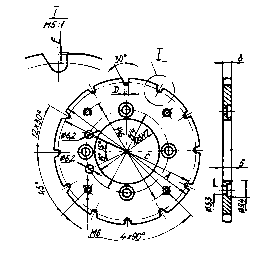


Рис.

### Выбор и расчет транспортирующих дисков



### Рис.

Транспортирующие диски служат для транспортировки заготовок от загрузочного устройства станка Pee-Wee в зону накатывания резьбы. Конструкция транспортирующих дисков применяемых на АО «АВТОВАЗ» показана на рис. 2.5.6.

Размеры, указанные на чертеже постоянны и зависят от паспортных данных станка. Размеры: А, С, Д, Е зависят от размера накатываемой резьбы (таблица 2.5.3).

*Таблица* *2.5.3*

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Резьба | А | С | Д | Е |
| мм | | | |
| 1 | М4х0,7 | 183,3 | 179,3 | 3,8 | 1,0 |
| 2 | М5х0,8 | 182,5 | 177,5 | 4,7 | 1,0 |
| 3 | М6х1 | 181,0 | 175,3 | 5,6 | 1,2 |
| 4 | М8х1,25 | 184,0 | 177,8 | 7,5 | 1,5 |
| 5 | М10х1,5 | 184,5 | 178,5 | 9,5 | 1,5 |

### При проектировании новых транспортирующих дисков к резьбонакатным роликам расчет элементов С, D, А осуществляется по формулам:

|  |  |
| --- | --- |
|  | ( 32 ) |

где: d – номинальный диаметр резьбы.

|  |  |
| --- | --- |
|  | ( 33 ) |

где: Dp – наружный диаметр роликов.

|  |  |
| --- | --- |
|  | ( 34 ) |

**Технические данные станка модели Р12И/SH**

Таблица

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 1. | Высота осей накатных шпинделей над станиной станка | 160 мм |
| 2. | Минимальные межосевые расстояния накатных шпинделей | 125 мм |
| 3. | Максимальные межосевые расстояния накатных шпинделей | 210 мм |
| 4. | Ход салазок | 15 мм |
| 5. | Максимальный диаметр накатного инструмента | 200 мм |
| 6. | Диаметр накатных шпинделей  а) специального исполнения  б) стандартного исполнения | 69,85 мм  54 мм |
| 7. | Рабочая длина накатных шпинделей | 160 мм |
| 8. | Минимальный диаметр накатки | 2 мм |
| 9. | Максимальный диаметр накатки | 50 мм |
| 10. | Максимальный шаг накатки | 3 мм |
| 11. | Максимальный накатываемый ход при мелкозубом зацеплении | 1,25 мм |
| 12. | Максимальная длина накатываемой резьбы при поперечном способе | 130 мм |
| 13. | Максимальная длина при накатывании с осевой подачей | 2000 мм |
| 14. | Давление накатывания с плавным регулированием | 2000-12000 Н |
| 15. | Накатываемый материал не более σb | 950 МПа |
| 16. | Диаметр сегментных роликов (1-3 сегмента) | 160÷180 мм |

**Литература**

1.Султанов Г.А. Резьбонакатные головки. «Машиностроение», М, 1966.

2.ГОСТ 9539-60. Ролики резьбонакатные.

3.Писаревский М.И. Накатывание точных резьб и шлицев. «Машгиз», М.-Л., 1963.

4.Писаревский М.И. Новый инструмент для накатывания резьб и шлицев. «Машиностроение», М.-Л., 1966.

5.Писаревский М.И. Накатывание точных резьб шлицев и зубьев. «Машиностроение», Л., 1973.

6.Никифоров А.Д. Точность и технология изготовления метрических резьб, «Высшая школа», М.,1963.

7.Загурский В.И. Прогрессивные способы обработки резьбы.

8.Семенченко И.И. и др. Проектирование металлорежущего инструмента. М., 1962.

9.Карцев С.П. Конструкция, производство и эксплуатация резьбообразующего инструмента. М.,1962.

10.Карцев С.П. Резьбонакатной инструмент. М.,1959.

11.Пикалов Б.И. Особенности конструкции роликов и фрез для изготовления резьбы на деталях из жаропрочных и титановых сплавов. В сб. «Резьбообразующий инструмент», М.,1968.

12.Кузьменко А.Ф., Пикалов Б.И. Изготовление резьб на ВАЗе. В сб. «Технология машиностроения», Выпуск 28. Тула, 1972.

13.Геллер Ю.А. Инструментальные стали. Металлург издат. М.,1961.

14.Жигалко Н.И., Киелев В.В. Проектирование и производство режущих инструментов. «Высшая школа», Минск, 1969.

15.Отчет по теме № 72003, этап № 3.

# Расчетные формулы РТМ – 018

Таблица

|  |  |
| --- | --- |
| Параметры | Расчетные формулы |
| 1. Высота головки профиля резьбы в общем случае   (1) |  |
| 1. Минимальная высота ножки профиля резьбы.   (2) |  |
| 1. Радиус закругления профиля резьбы.   (3) |  |
| 1. Высота головки профиля резьбы для метрических резьб с α=60°   (4) |  |
| 1. Допустимая высота изношенного профиля резьбы.   (5) |  |
| 1. Минимальная высота ножки резьбового профиля для резьб с α=60°. Для накатываемых резьб с шагом до 1,5 мм включительно.   (6) |  |
| 1. Минимальный радиус закругления вершины головки профиля резьбы для резьб с α=60°.   (7) |  |
| 1. Число заходов резьбы для роликов, работающих с ручной загрузкой заготовок.   (10) |  |
| 1. Число заходов резьбы для роликов работающих с автоматизированной загрузкой.   (11) |  |
| 1. Величина фаски.   (12) |  |
| 1. Угол уклона фаски для детали без переходной шейки.   (13) |  |
| 1. Угол уклона фаски для деталей с переходной шейкой.   (14) |  |
| 1. Ширина роликов одностороннего действия и затылованных   (15) |  |
| 1. Ширина цилиндрических роликов двустороннего действия.   (16) |  |
| 1. Наружный диаметр: |  |
| * 1. для резьбовыдавливающих роликов;   (17) |  |
| * 1. для резьбонакатных роликов, пердназначенных для калибровки предварительно нарезанной резьбы.   (18) |  |
| 1. Средний диаметр резьбы роликов.   (19) |  |
| 1. Величина затылования заборной части.   (21) |  |
| 1. Угол заборной части.   (22) |  |
| 1. Радиус начала заборной части.   (23) |  |
| 1. Угол калибрующей части.   (24) |  |
| 1. Число оборотов на калибрование резьбы для углеродистых и легированных конструкционных сталей. Для материалов σв ≤ 100 кг/мм2.   (25) | nк ближе к 1. |
| 1. Величина угла сбрасывающей части.   (26) |  |
| 1. Величина затылования сбрасывающего участка.   (27) |  |
| 1. Радиус конца сбрасывающей части.   (28) |  |
| 1. Величина угла.   (29) |  |
| 1. Радиус, ограничивающий глубину паза.   (30) |  |
| 1. Радиус участка заборной части без резьбы.   (31) |  |
| 1. Диаметр паза транспортирующего диска.   (33) |  |
| 1. Диаметр делительной окружности.   (34) |  |
| 1. Диаметр транспортирующего диска.   (35) |  |

# Пример расчета резьбонакатных роликов для резьб M12x1,25 – 6g

Исходные данные:

диаметр заготовки под накатку

dзаг=11,07мм

средний диаметр накатываемой резьбы

d2min = 11,028мм

d2max = 11,16 мм

внутренний диаметр накатываемой резьбы

d1 = 10,483мм

наружный диаметр накатываемой резьбы

dmax = 11,972 мм

Материал накатываемой детали АС11.

σв = 50 ÷ 70 кг/мм2, σт = 40 кг/мм2, δ %=10%.

Расчет резьбового профиля роликов.

Высота головки профиля резьбы.

Максимальная высота головки профиля резьбы роликов определяется по формуле (1) методики. Для метрических резьб с углом профиля резьбы 60° высота головки определяется по формуле (4).

Для резьбы М12х1,25 – 6g: h’u=0,325S-δa=0,406-0.02

Допустимая высота изношенного профиля резьбы определяется по формуле (5). Для резьбы М12х1,25 - 6g :

принимаем



Высота ножки профиля резьбы роликов в общем случае определяется по формуле (2). Для резьбы М12х1,25 – 6g высота ножки определяется по формуле (6):



принимаем



Минимальный радиус закругления вершины головки профиля резьбы роликов определяется по формуле(8). Для резьбы М12х1,25 – 6g:



Число заходов резьбы роликов.

Для данной модели станка число заходов резьбы роликов определяется по формуле (11). Число заходов для резьбы М12х1,25 – 6g:

; ;



принимаем



Величина фаски на роликах определяется по формуле (12). Угол наклона фаски определяется по формулам (13) и (14) (см. РТМ-018)

Принимаем угол наклона фаски β = 20°, для резьбы М12х1,25 – 6g получим следующее значение величины фаски:



принимаем



Ширина роликов определяется по формуле (15).

Для резьбы М12х1,25 – 6g :



Расчет диаметров роликов.

Наружный диаметр роликов рассчитывается по формуле (17). В нашем случае:



Средний диаметр резьбы роликов определяется по формуле (19):



Расчет заборной части.

Величина затылования Кp = 1 определяется по формуле (21):



принимаем



Угол заборной части ϕ3 определяется по формуле (22):



Радиус начала заборной части определяется по формуле (23):



Расчет калибрующей части.

Число оборотов необходимое на калибрование резьбы опеределяется по формуле (25). Для материала АС11 и резьбы М12х1,25 – 6g число оборотов необходимое на калибрование определяется

Следующим образом:

; ;



принимаем . Угол калибрующей части ϕк определяется по формуле (25). Для резьбы М12х1,25 – 6g:



Расчет сбрасывающей части.

Величина угла сбрасывающей части ϕсб определяется по формуле (26). В нашем случае:



Величина затылования для резьбы M12x1,25 – 6g определяется по формуле (27):



Радиус конца сбрасывающей части определяется по формуле (28):



Расчет загрузочно-разгрузочного участка выполненного по типу I .

Величина угла загрузочно-разгрузочного участка определяется по формуле (29):



Принимаем θ = 45° Радиус, ограничивающий глубину паза определяется по формуле (30):

