

комбината «Азовсталь» в плоскости большей жесткости показали, что погрешность расчетов не превышает 15%.

Рассматривая схему нагружения рельса при правке в роликоправильной машине, как статически неопределенную многопролетную неразрезную балку, из уравнения минимума суммарной работы деформации металла и роликоправильной машины получены аналитические зависимости для определения оптимальных режимов правки.

Проведенные опыты по правке острых рельсов типа ОР65 в вертикальной роликоправильной машине рельсобалочного цеха комбината «Азовсталь» в соответствии с разработанными режимами показали, что погрешность расчетов не превышает 15%.

#### Список литературы

1. Жученко А.Н. Анализ технологических параметров правки рельсов на роликоправильных машинах // Качество, надежность и эксплуатационная стойкость железнодорожных рельсов и колес: Отрасл. сб. науч. тр. – Харьков: УкрНИИМет, 1988, с. 75-79.
2. Жученко А.Н., Ясинский И.Ф., Пашенко А.А. Влияние способов нагружения при правке рельсов на предел текучести стали // Технология производства железнодорожных рельсов и колес: Отрасл. сб. науч. тр. – Харьков: УкрНИИМет, 1989, с. 62-66.
3. Васидзу К. Вариационные методы в теории упругости и пластичности. – М.: «Мир», 1987, 542с.
4. Амензаде Ю.А. Теория упругости. – М.: «Высшая школа», 1976, 272 с.

УДК 621.992.7

Д55

С.С.Добрянський, канд.техн.наук, доцент, Д.О.Артамонов, студ.  
НТУ України "Київський політехнічний інститут" м.Київ, Україна

### НАРІЗУВАННЯ, НАКАТУВАННЯ І ОБКАТУВАННЯ РІЗЬБ ГОЛОВКАМИ

---

*Нарезание, накатывание и обкатывание резьб головками.*

*Приведены результаты исследования точности и шероховатости поверхностей нарезанных, накатанных и обкатанных резьб. Рассмотрены три схемы обкатывания резьб. Предложены формулы для определения диаметров и точности заготовок под накатывание резьб, диаметров заготовок под обкатывание резьб.*

*Cutting, rolling and running thread with thread cutting head.*

*Here are results of precision and roughness researches of cutting, rolling and running threads. Three schemes of running were analysed. Some formulas were described for finding blank's precise and diameter, diameters for running threads.*

---

У машинобудуванні для виготовлення зовнішніх різьб на універсальних металорізальних верстатах широко застосовують різьбонарізні головки типу  $K$  і  $KA$  та різьбонакатні головки типу ВНГН, які працюють з осьовою подачею і самі розкриваються.

Проведені дослідження показали [1], що при оптимальних умовах нарізування головками *КА* з круглими гребінками різьб діаметрами 20-30мм з кроком 1,5-3 мм можна стабільно отримувати різьби *4h* ступеня точності і посадок з натягом, при цьому забезпечується шорсткість поверхонь витків *Ra* 5...2,5 мкм. При нарізуванні таких різьб *4h* ступеня точності допуск на розмір зовнішнього діаметра різьби складає від 150 до 236 мкм, що відповідає 11-12-му квалітетам точності. Тобто вихідні заготовки можна отримати чорновим точінням, або, навіть, можна нарізувати різьбу на каліброваних прутках без попередньої обробки різанням.

Більш низька шорсткість бокових поверхонь витків досягається при накатуванні різьб головками ВНГН-4. Результати дослідження точності і шорсткості витків різьб з сталі 45, накатаних на шліфованих заготовках на вертикально-свердлильному верстаті 2А135 показані в табл.1, де  $6Sd_2$  – поле розсіювання розмірів середнього діаметра різьби  $d_2$ .

Таблиця 1

Результати дослідження якості різьб, накатаних головкою ВНГН-4

Різьба	Крок різьби, мм	Заготовка		Різьба		Шорсткість поверхонь витків <i>Ra</i> , мкм
		Діаметр, мм	Поле розсіювання, мм	$d_2$ , мм	$6Sd_2$ , мм	
М27х2	2	25,60	0,074	25,542	0,100	0,32...0,08
М27	3	24,90	0,067	24,919	0,164	0,32...0,08

З табл.1 виходить, що поле розсіювання розмірів  $d_2$  накатаних різьб в 1,4 -2,3 разів перевищує поле розсіювання діаметрів заготовок. У результаті встановлено, що з урахуванням похибок кроку і кута профілю різьби різьбонакатні головки дозволяють отримувати різьби *6h* ступеня точності з шорсткістю поверхонь витків *Ra* 0,32...0,08мкм.

Практика експлуатації різьбонакатних головок типу ВНГН показала, що внаслідок великих сил, що виникають при накатуванні різьб, і відносно низької їх жорсткості, головки швидко втрачають налагоджуваний розмір і виходять з ладу. Крім того, при вкатуванні головки в заготовку на витки заборного конуса роликів діють великі згинальні зусилля, що часто приводить до їх викривлення.

Для отримання точних зовнішніх різьб з низькою шорсткістю поверхонь рекомендується двоопераційний процес, що включає попереднє нарізування різьб головками типу *КА* з наступним їх обкатуванням роликів різьбонакатними головками типу ВНГН. При цьому розрахунок розмірів середнього і зовнішнього діаметрів різьби, нарізаної під обкатування, необхідно виконувати, виходячи з умови рівності об'ємів нарізаної і обкатої різьби, а обкатування виконувати роликів відкритого профілю, що виключає участь у роботі внутрішнього діаметра витків роликів.

У відповідності до цих вимог процес обкатування різьб можна виконувати за однією з трьох схем (рис.1).

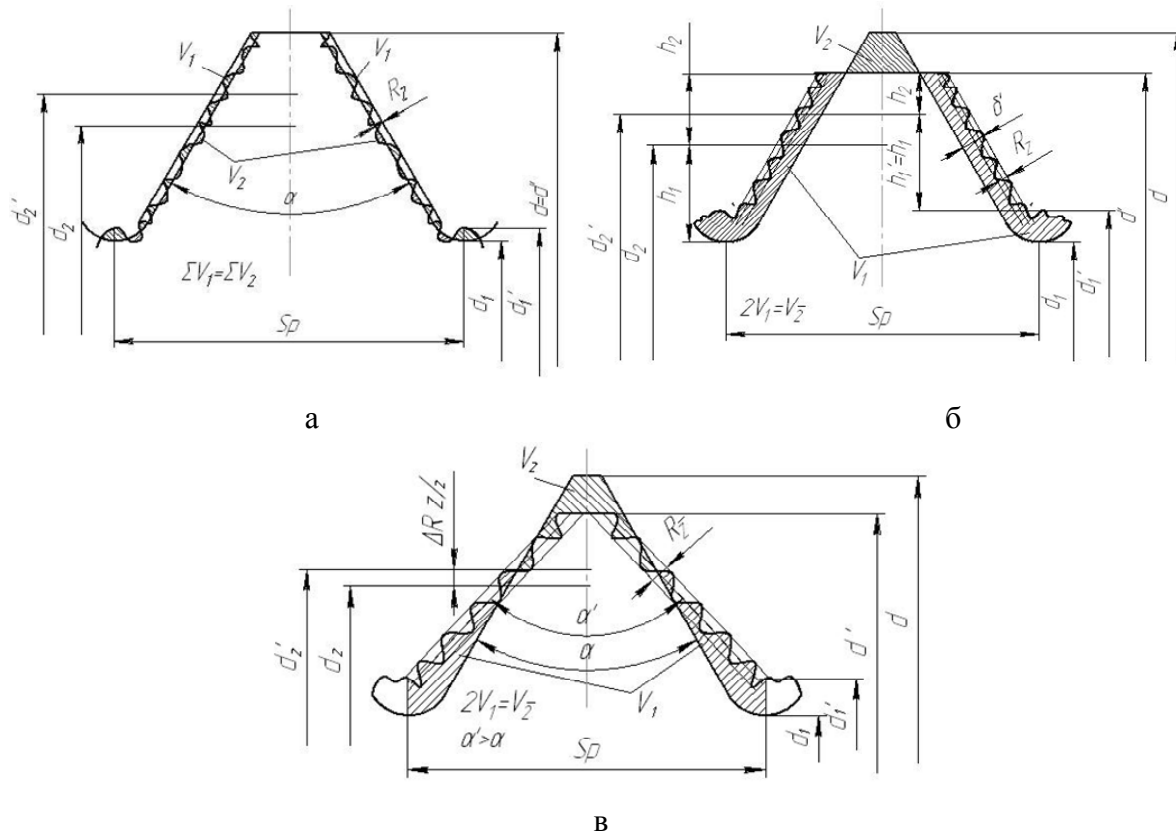


Рис.1. Схеми викінчуючого обкатування різьб:

- а – тільки зі змінанням мікронерівностей;
- б – з видавлюванням припуску бокових сторін витків у вільну зону вершин;
- в – попередньо нарізаних різьб з кутом профілю при вершині більшим  $60^\circ$

а) Обкатування різьб тільки зі змінанням мікронерівностей без значної пластичної деформації поверхневих шарів металу самих витків. У цьому випадку під обкатування нарізають різьбу повного профілю, а її середній діаметр визначають за формулою

$$d_2' = d_2 + \frac{R_z}{\sin \alpha/2}. \quad (1)$$

б) Обкатування з пластичною деформацією припуску на бокових сторонах витків. При цьому, для можливого вільного переміщення деформованого металу в зону вершин, необхідно в процесі підготовки і нарізування заготовки відповідно занижувати її зовнішній діаметр, тобто нарізувати різьбу неповного профілю.

в) Обкатування роликами з кутом профілю при вершині  $60^\circ$  різьб, які нарізані гребінками з кутом при вершині, більшим  $60^\circ(90-120^\circ)$ .

У табл. 2 наведені результати дослідження якості нарізаних різьб повного і неповного профілів і обкатаних за схемами «а» та «б».

З табл. 2 виходить, що за допомогою різьбонарізних головок 4КА-45 можна отримувати різьби як повного, так і неповного (під наступне обкатування) профілів з полем розсіювання середніх діаметрів  $d_2$ , що відповідає  $4h$  ступеневі точності. Як правило, поле розсіювання  $d_2$  різьб неповного профілю до двох разів менше, ніж при

нарізуванні різьб повного профілю. Але при нарізуванні різьб з малим кроком вони можуть бути рівними внаслідок погіршення самозатягування різьбонарізної головки. При нарізуванні різьб неповного профілю стійкість гребінок підвищується в 1,9-2,5 рази. Шорсткість поверхонь різьб як повного, так і неповного профілів відповідає  $Ra$  5...2,5 мкм.

Обкатування виконувалось з швидкістю 16 м/хв із рясним охолодженням МР-1.

З табл. 2 виходить, що обкатування різьб за схемою «а» з припуском 0,05-0,06 мм не погіршує точності попередньо нарізаних різьб, а шорсткість поверхонь витків знижується, приблизно, на два класи. При обкатуванні різьб тільки зі змінням мікронерівностей виникають крутні моменти в 5 -9 разів менші, ніж при накатуванні таких же різьб, що значно підвищує строк служби головок і роликів. Крім того, поліпшуються умови вкатування роликів у заготовку і вони не викришуються. Обкатування різьб за способом «а» з припуском 0,05 -0,06 мм дозволяє отримувати різьби 4h ступеня точності з шорсткістю поверхонь  $Ra$  1,25...0,32 мкм, але на поверхнях витків помітні дефекти і ризики, що залишилися від нарізування.

Таблиця 2

Результати дослідження якості різьб, виготовлених нарізуванням з наступним обкатуванням

Різьба	Крок різьби, мм	Нарізування головками 4КА-45				Обкатування головками ВНГН-4				
		профіль різьби	діаметр заготовки, мм	$d_2$ , мм	$6Sd_2$ , мм	спосіб обкатування	$d_2$ , мм	$6Sd_2$ , мм	шорсткість витків $Ra$ , мкм	Припуск під обкатування, мм
М27 х1,5	1,5	повн.	26,85	26,03	0,038	а	—	—	—	—
		неповн.	26,60	26,16	0,039	б	—	—	—	—
М27 х2	2	повн.	26,85	25,69	0,063	а	25,62	0,044	1,25...0,32	0,06
		неповн.	26,50	25,90	0,033	б	25,71	0,047	0,32...0,16	0,19
М27	3	повний	26,85	24,93	0,098	а	24,89	0,100	1,25	0,05
		неповн.	26,30	25,20	0,077	б	25,03	0,099	0,64...0,16	0,18

Обкатування за способом «б» з припуском 0,15 -0,20 мм приводить до збільшенні поля розсіювання середніх діаметрів попередньо нарізаних різьб в 1,3-1,4 рази і при цьому виникають крутні моменти в ~3 рази менші, ніж при накатуванні. Шорсткість витків у цьому випадку  $Ra$  0,32...0,16 мкм, тобто знижується на 3-4 класи відносно вихідної.

Проведені дослідження показують, що в кінцевому результаті різьби, обкатані як за схемою «а», так і за схемою «б», практично мають однакові поля розсіювання середніх діаметрів різьб і задовольняють вимогам, що пред'являються до гвинтових

поверхонь  $4h$  ступеня точності. Шорсткість поверхонь різьб, обкатаних з припуском 0,15-0,20 мм, на 1-2 класи нижча, ніж обкатаних з припуском 0,05-0,06 мм.

Недоліком обкатування різьб неповного профілю є необхідність введення операції чистової обробки заготовки для зменшення її зовнішнього діаметра. При обкатуванні різьб тільки зі змінанням мікронерівностей можна нарізувати різьби на заготовках з каліброваного матеріалу без попередньої обробки поверхонь.

Додаткові експериментальні дослідження підтвердили недопустимість обкатування різьб роликками закритого профілю, в процесі якого виникають крутні моменти в 5-10 разів більші, ніж при нормальному протіканні процесу. При цьому спостерігається лущення і відшаровування металу на поверхнях витків, огранка і хвилястість профілю різьби.

Обкатування за схемою «в» роликками нормального профілю різьби, нарізаної з кутом профілю, більшим  $60^\circ$ , також супроводжується витискуванням металу в зону вершин витків. При цьому в найбільшій мірі деформується метал у западинах різьби.

Нарізування різьб під обкатування з кутом профілю, більшим  $60^\circ$ , дозволяє значно підвищити швидкість різання і стійкість інструмента за рахунок поліпшення умов стружкоутворення і зменшення сил різання. Наприклад, нарізування різьб з кутом профілю, рівним  $90^\circ$ , дозволяє підвищити стійкість гребінок до 3,5 разів. При куті профілю різьби, більшим  $120^\circ$ , процес обкатування наближається до накатування різьб на циліндричних поверхнях. Відмітимо, що обкатування різьб за схемою «в» потребує виготовлення спеціальних гребінок, які серійно не випускаються, і різко підвищується тенденція до підрізування профілю різьби в режимі самозатягування. Такі різьби необхідно нарізувати з примусовою подачею головки.

Важливим недоліком накатування і обкатування різьб за схемою «б» є необхідність підготовки вихідних заготовок з високою точністю діаметра.

Виходячи з рівності об'ємів металу до і після накатування, максимальний діаметр заготовки  $d_{\text{зmax}}$  під накатування зовнішньої різьби за ковзною посадкою  $h[3]$  можна визначити за формулою:

$$d_{\text{зmax}} = \sqrt{d_1^2 + 0,4736(d + d_1)S}, \quad (2)$$

де  $d$  і  $d_1$  – відповідно зовнішній і внутрішній діаметри різьби,  $S$  – крок різьби.

Якщо виходити з того, що різьбонакатна головка має велику жорсткість і компенсація похибок  $d_3$  може відбуватися тільки за рахунок допуску на зовнішній діаметр різьби  $\Delta d$ , то для граничного моменту, коли ролики починають працювати закритим профілем, можна визначити:

$$\Delta d_3 = \frac{\Delta d \cdot (0,12501S + 0,2887\Delta d) \cdot \left(d - \frac{\Delta d}{2}\right) \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{S}{\pi \cdot d_2}\right)^2}}{S \cdot d_3}, \quad (3)$$

де  $\Delta d_3$  – допуск на діаметр заготовки,  $d_2$  – середній діаметр накатаної різьби.

Результат розрахунків, виконаних за (3) для різьб з діаметрами 16-36 мм і з кроком 1,0; 1,5; 2 і 3 мм, показані на рис.2.

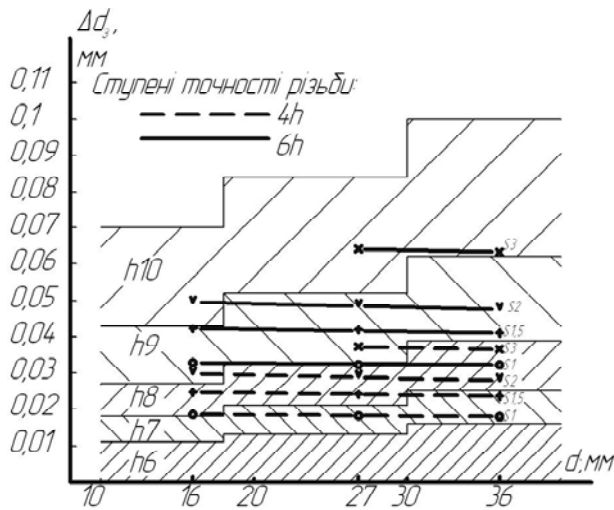


Рис. 2. Залежність допуску  $\Delta d_3$  на діаметр стержня під накатування різьби від точності, кроку і діаметра різьби та його розміщення відносно полів допусків на обробку валів

можна накатувати різьби  $6h$  ступеня точності при підготовці  $d_3$  за  $h8-h9$  квалітетом, що підвищує трудомісткість процесу внаслідок точної обробки діаметра заготовки.

Очевидно, що при обкатуванні різьб зовнішній діаметр вихідної заготовки  $d'$  буде залежати від діаметра різьби, кроку і припуску по середньому діаметру  $\Delta d_2$  під обкатування. Виходячи зі сталості об'єму оброблюваної заготовки і деталі, а також з умови обкатування роликми відкритого профілю, нами отримана залежність між указаними параметрами для стандартних різьб за ISO R68 [3]:

$$S^2 \cdot (d + d_1) = 0,6096 \cdot \left[ d'^2 - (d_1 + \Delta d_2)^2 \right] \cdot (2,5978 \cdot S - d' + d_1 + \Delta d_2) + 2,1115 \cdot S \cdot \Delta d_2 \cdot (2d_1 + \Delta d_2). \quad (4)$$

Задавши значення  $\Delta d_2$  і вирішивши числовими методами це рівняння відносно  $d'$ , отримали відповідні значення  $d'$  (табл.3).

Зі збільшенням припуску під обкатування  $\Delta d_2$  діаметр  $d'_{\max}$  зменшується настільки більше, наскільки більший крок різьби (рис. 3).

З рис.2 виходить, що  $\Delta d_3$  не залежить від діаметра різьби. Зі збільшенням кроку накатуваної різьби допуск  $\Delta d_3$  суттєво зростає, тобто найбільш точні діаметри заготовок під накатування головками необхідно підготувати для різьб з малим кроком. Для отримання різьб  $4h$  ступеня точності необхідно підготувати заготовки з діаметром  $h7-h8$  квалітету точності для кроку 1-1,5 мм і  $h8-h9$  – для кроку 2-3 мм. Якщо врахувати допуск на налагодження головки та її нежорстку конструкцію, то різьбонакатними головками ВНГН-4 у кращому випадку

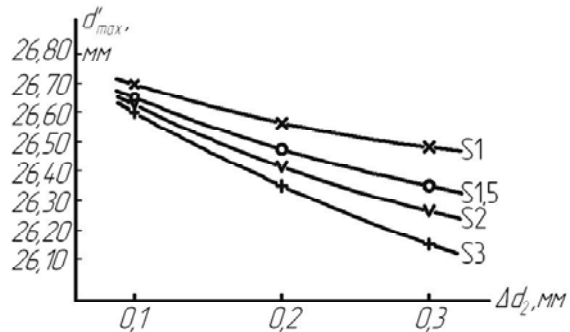


Рис. 3. Залежність діаметра заготовки  $d'_{\max}$  під обкатування різьби М27 від припуску  $\Delta d_2$  та кроку різьби

Таблиця 3

Значення зовнішнього діаметра заготовки  $d'_{\max}$  під обкатування різьби, мм

Різьба	S	$\Delta d_2$			$\Delta d' = d'_{0,1} - d'_{0,3}$
		0,1	0,2	0,3	
M16x1	1	15,705	15,573	15,489	0,215
M16x1,5	1,5	16,667	15,491	15,371	0,296
M16	2	15,649	15,442	15,294	0,355
–	–	–	–	–	–
M20x1	1	19,702	19,570	19,487	0,215
M20x1,5	1,5	19,660	19,484	19,363	0,297
M20x2	2	19,638	19,429	19,280	0,358
–	–	–	–	–	–
M27x1	1	26,699	26,566	26,483	0,216
M27x1,5	1,5	26,653	26,476	26,355	0,298
M27x2	2	26,627	26,416	26,267	0,360
M27	3	26,602	26,346	26,152	0,450
M36x1	1	35,697	35,564	35,481	0,216
M36x1,5	1,5	35,648	35,470	35,350	0,298
M36x2	2	35,619	35,406	35,256	0,363
M36x3	3	35,587	35,326	35,131	0,456

У залежності від кроку обкатуваної різьби і незалежно від її діаметра, різниця між значеннями  $d'_{\max}$  для різьб з кроком 1; 1,5; 2 і 3 мм зростає, відповідно, на 0,22; 0,30; 0,36 і 0,45 мм при збільшенні  $\Delta d_2$  від 0,1 до 0,3 мм.

### Висновки

1. Розглянуто досягну точність і шорсткість поверхонь нарізаних і накатаних зовнішніх різьб.
2. Розглянуто три схеми обкатування різьб.
3. Отримані залежності для визначення діаметра заготовки і його допуску під обкатування різьби.
4. Отримана формула для визначення діаметра заготовки під обкатування різьби.

### Список літератури

1. Таурит Г.Э., Пуховский Е.С., Добрянский С.С. Прогрессивные процессы резьбоформирования. Киев. Техника, 1975. – 239с.
2. Справочник металлста. Под ред. С.А. Чернавского, В.Ф.Рещикова. Т.1.М.Машиностроение, 1976. –768с.
3. Коротков В.П., Кустарев Б.Г., Хныкина А.В. Взаимозаменяемость резьбовых сопряжений. М. Машиностроение, 1968. – 215с.