

УДК 536.24.49

## **ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ТОРСІОНІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ОБКАТУВАННЯ ЇХ РОЛИКАМИ**

**Рижак В.В., здобувач вищої освіти групи ММ1/1**

**Науковий керівник к.т.н., доц. Марченко Д.Д.**

*Миколаївський національний аграрний університет*

### **Анотація**

У статті наведено технології та їх конструктивні рішення для обкатування довгих валів малої жорсткості та торсіонів зникаючих упорів прокатних станів. Отримано залежності граничного радіусу профілю ролика від зусилля обкатування та подачі від профільного радіусу ролика для різних сталей, а також запропоновані рекомендовані режими зміцнюючого обкатування, які передбачають подальшу механічну обробку деталей для отримання необхідної точності та необхідного класу шорсткості поверхні.

### **Annotation**

The article presents technologies and their design solutions for running in long shafts of low rigidity and torsions of disappearing stops of rolling mills. The dependences of the limiting radius of the roller profile on the rolling and feed forces from the profile radius of the roller for different steels are obtained, and the recommended modes of hardening rotation are proposed, which provide further machining of parts to obtain the required accuracy and surface roughness class.

Робоче зусилля при обкатуванні валів обмежене як можливостями верстата, а й жорсткістю деталі. У міру збільшення довжини валу зростає небезпека неприпустимого прогину під дією радіальної сили.

На рис. 1 наведена номограма сил, що допускаються при обкатуванні валів в центрах одним роликом. Якщо відношення довжини валів до діаметра дорівнює або більше 10, передбачено встановлення люнетів. Але люнети скорочують технологічні можливості обробки, збільшують допоміжний час. Більш раціонально для обкатування довгих валів застосування багатороликових пристроїв типу, що охоплює.

Характерним прикладом обробки валів малої жорсткості є обкатування шийок трансмісійних валів рольгангів прокатних станів. Ці вали мають довжину 6 – 8 м при діаметрі – 130 мм.

На рис. 2 показано пристрій для обкатування трансмісійних валів. Рознімна обойма 2 з роликами 1 розташовується у вилці 3, яка встановлюється в різцетримачі верстата [1].

Виделка жорстко зміцнює обойму в напрямку осі валу і надає їй свободу установки в радіальній площині. Завдяки цьому під час биття валу обойма плаває у вилці, не передаючи поперечне навантаження на супорт верстата. Необхідне зусилля обкатування створюється та регулюється гайкою 4, що стискає пружину 5.

Обкатування підвищує продуктивність чистової обробки валів на токарних верстатах у 2 – 4 рази, залежно від розмірів валу.

При використанні пневматичних або гідравлічних пристроїв обкатування може виконуватись за постійного робочого зусилля.

Обкатування жолобників з подачею ролика вздовж осі валу виконується при зміцненні торсіонів зникаючих упорів прокатних станів.

Торсіонні вали являють собою нежорсткі деталі діаметром 115 або 140 мм довжиною відповідно 2 або 3,8 м. Циліндричне тіло торсіону сполучається з потовщеними голівками жолобниками радіусом 300 мм. Галтелі таких розмірів не створюють у торсіонних валах скільки-небудь небезпечної концентрації напруги, але технологічно саме обкатування таких криволінійних ділянок найбільш складно.

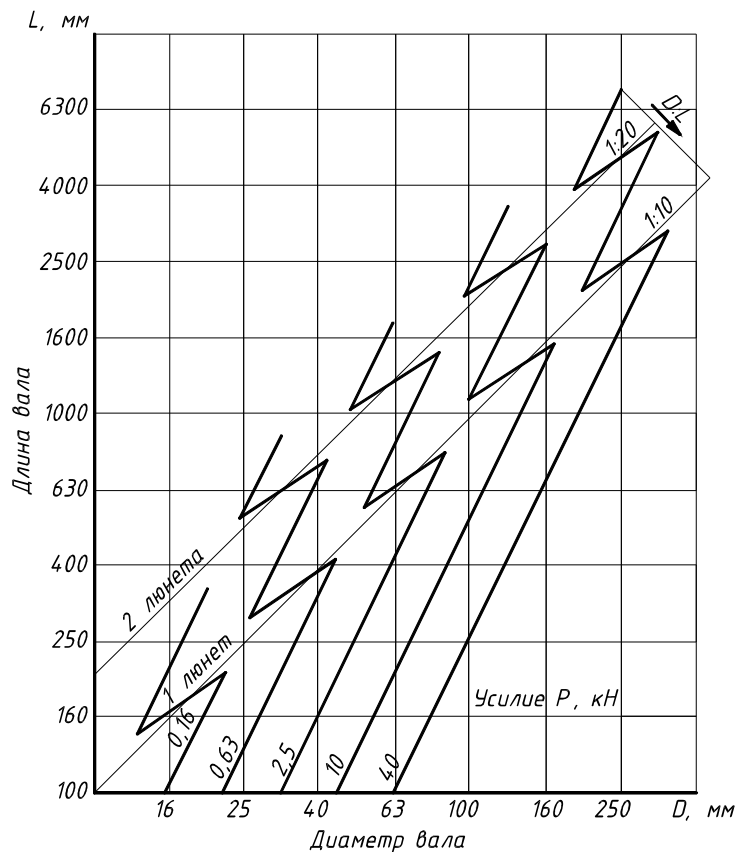


Рис. 1. Допустимі зусилля обкатування довгих валів одним роликом

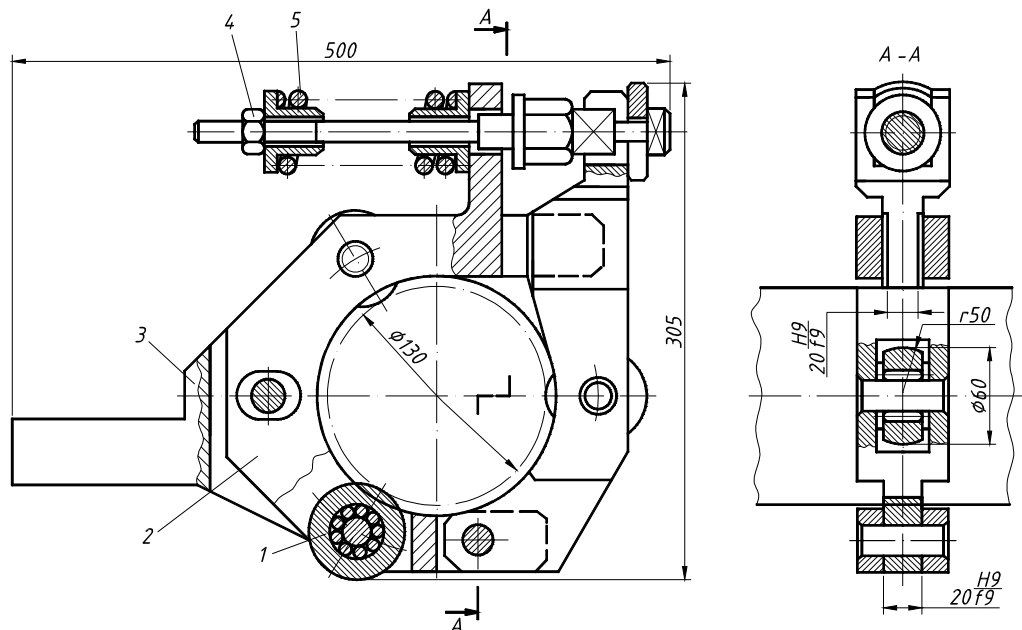


Рис. 2. Пристосування для обкатування довгих валів малої твердості

Для обкатування торсіонів розроблено спеціальне трироликове пневматичне пристосування (див. рис. 3).

Пневматичні циліндри цього пристосування 6 з діаметром поршнів 200 мм встановлені на загальній плиті 4. Робочі ролики 7 обертаються на голчастих радіальних і завязятих кулькових підшипниках. Штоки поршнів

розташовуються в чавунних напрямних втулках і захищаються від повороту навколо осі планками 5.

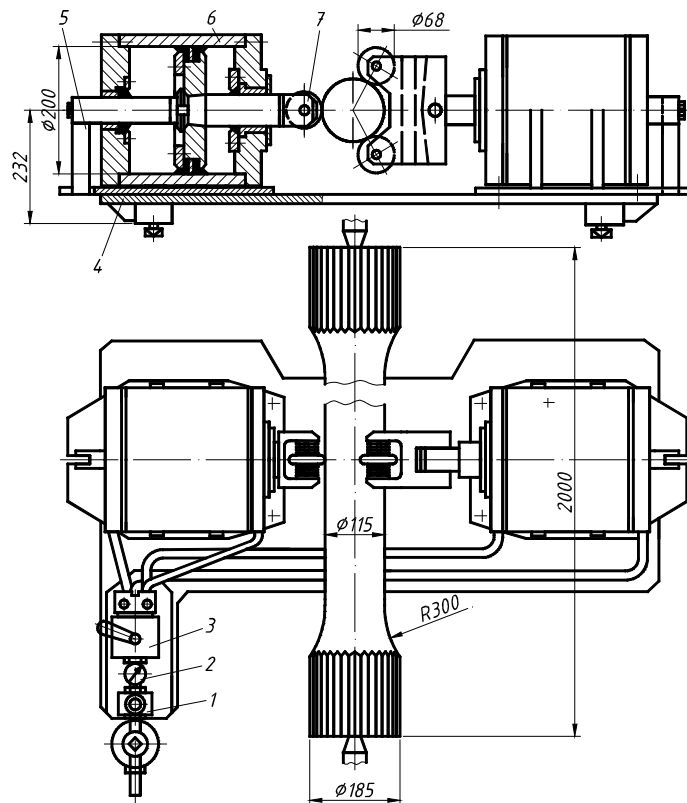


Рис. 3. Пристосування для обкатування торсіонів зникають упорів прокатних станів

Пристосування встановлюється на поперечних санках супорта токарного верстата. Під час обкатування в міру поздовжньої подачі супорта поршні сходяться або розходяться залежно від діаметра перетину, що обкатується, а ролики притискаються до поверхні вала з постійним зусиллям. Тиск повітря в циліндрах регулюється редукційним клапаном 1 і контролюється манометром 2. Циліндри включаються в мережу краном 3.

Торсіонні вали виготовляються зі сталі 45ХНМФА і мають після термічної обробки твердість HRC 40 – 48. З огляду на високу твердість матеріалу обкатуваних деталей ролики для обкатування інтенсивно зношуються. Незважаючи на високу твердість HRC 62 – 64 одним комплектом роликів можна обкатати лише п'ять валів, після чого ролики рекомендується перешліфувати для відновлення вихідного профільного радіусу, що забезпечує ефективну деформацію поверхневого шару.

Режим обкатування торсіонних валів: профільний радіус роликів 10 мм; робоче зусилля 15 кН, подача 0,36 мм/об, швидкість 30 м/хв.

Під час термічної обробки, що передує обкочування, деякі торсіони отримують значний повідець, що допускається технічними умовами креслення. В результаті повідання биття поверхні валів при встановленні в центрах досягає 6 - 8 мм. Для обкатування валів із таким биттям на токарному верстаті видаляється гвинт поперечної подачі супорта. Після цього пристосування разом з верхньою греблею супорта можна вільно

встановити на поперечних напрямних; під час обкатування воно плаває у поперечному напрямку, центруючись по деталі.

Для обкатування торсіонів після установки валу в центрах ролики поздовжнім переміщенням супорта підводять на початок однієї з головок і встановлюють на відстані 5 - 8 мм від краю шліць. Редукційним клапаном тиск повітря, контрольований по манометру, знижують до 200 кПа і поворотом крана повітря подають у циліндри. Ролики входять у контакт із деталлю; їх можна зводити тільки при включеному механізмі подачі супорта, інакше супорт зрушить від ковзання роликів по галтелі валу.

Поверхню валу змащують машинним маслом та включають шпindelь верстата. У міру подачі пристрою протягом перших 20 - 30 оборотів деталі тиск в циліндрах плавно підвищують за допомогою редукційного клапана до 500 кПа.

Після закінчення проходу при виході роликів на жолобник у другій головки торсіону тиск знову знижують до 200 кПа, а потім перемиканням повітря в передні порожнини циліндрів розводять поршні і обкатний вал можна зняти.

Наступний вал обкатують із подачею у протилежному напрямку. Це не тільки зручно, тому що не доводиться переганяти супорт у вихідне положення, але й корисно для більш рівномірного зношування роликів.

Торсіонні вали надходять на операцію обкатування після піскоструминного очищення поверхні від окалини. Шорсткість їх поверхні  $R_a 5 - 10$  мкм. Після обкатування шорсткість поверхні становить  $R_a 0,63 - 1,25$  мкм. Однак на поверхні, як правило, буває помітна хвилястість, що виникає через великі кути вдавлювання роликів.

Обкатування торсіонних валів – поширена в машинобудуванні зміцнююча операція, у результаті межа витривалості таких валів, що працюють на кручення, підвищується на 40 – 80% [2].

Звісно ж логічним, що з збільшенням діаметра валу має зростати ефективна товщина наклепанного шару.

Важливим є факт однакового відносного зміцнення, незважаючи на явний прояв масштабного ефекту, що полягає у зниженні межі витривалості зі збільшенням діаметра зразків. Можна вважати, що і при подальшому збільшенні діаметра валів, що обкатуються, може бути досягнута та ж ступінь зміцнення при відповідних режимах обкатування.

Висока ефективність обкатування зберігається у досить широкому діапазоні робочих зусиль. Крім того, зі зростанням діаметрів валів, що зміцнюються, немає необхідності пропорційно збільшувати розміри роликів.

Збільшення відносної кривизни ролика в осьовому та радіальному перерізах дозволяє підвищити ступінь наклепу поверхневого шару і тим самим компенсувати певне відносне зменшення робочого зусилля.

З огляду на, що з зміцненні великих деталей інтерес представляє саме область щодо мінімальних зусиль, слід вважати збільшення кривизни ролика важливим резервом підвищення ефективності обкатування.

У роботі [3] було показано, що в тих випадках, коли руйнування гладких зразків починається з поверхні, товщина наклепаного шару може не вирішувати вплив на ефективність обкатування .

Деталі з конструктивними концентраторами напруги руйнуються, як правило, з поверхні. Для таких деталей ступінь наклеп має особливо велике значення.

На рис. 4 наведено графіки залежності ефекту обкатування підступні частини валів від відносної товщини наклепаного шару, побудовані за даними трьох різних робіт. Графіки показують, що при високому ступені наклепу висока ефективність зміцнення досягається за відносно малої товщини наклепаного шару (криві 1 і 2).

Як видно з цих рис. 4 ефект підвищення межі витривалості стабілізується при  $2t/D_0 \geq 0,1$ . Глибину наклеп  $t$  можна розрахувати за формулою С.Г. Хейфеца [4]  $t = \sqrt{P/2\sigma_T}$ , де  $P$  - зусилля обкатування ;  $\sigma_T$  – межа плинності обкатуваного металу.

Порівняно мінімальна ефективність у дослідях Н.П. Зобніна [6] (крива 3) пояснюється зменшеним ступенем деформації через великий ( 75 мм) радіус кривизни ролика (ролик сферичної форми).

Однак підвищення ступеня наклепу за рахунок зменшення радіуса профілю має межу, нижче за яку поверхню деталі руйнується.

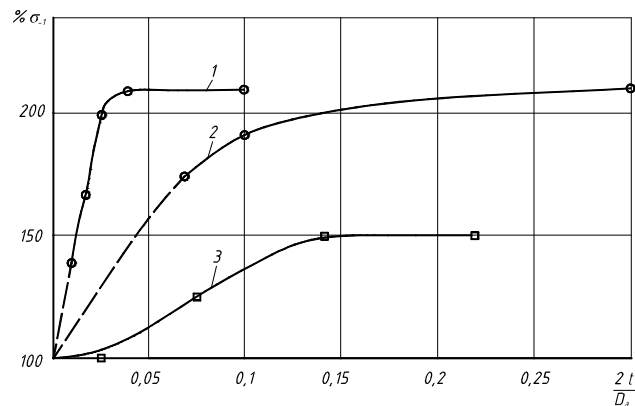


Рис. 4. Підвищення межі витривалості залежно від відносної товщини наклепаного шару за даними:

1 – А.М. Усова [5], 2 – О.О. Кулікова [3], 3 – Н.П. Зобніна [6]

О.О. Куликов [3] ввів поняття гранично допустимого радіусу ( $r_{пред}$ ) і запропонував характеризувати профільний радіус ролика ставленням до граничного радіусу  $r : r_{пред}$ . Він показав, що з наближенням цього ставлення до одиниці межа витривалості зразків із напресованими втулками зростає.

На рис. 5, а наведено графіки залежності граничного радіусу профілю ролика від зусилля обкатування валів діаметром від 200 до 500 мм виготовлених з різних сталей. Для побудови цих графіків вали обкатувалися роликками з різними профільними радіусами, причому застосовувалися подачі, що становлять 0,1 ширини контактної канавки. Крапки, позначені залитими значками, відповідають режиму, що спричинив

руйнування металу, світлими квадратами – граничному режиму, незалитими – режиму, близькому до граничного.

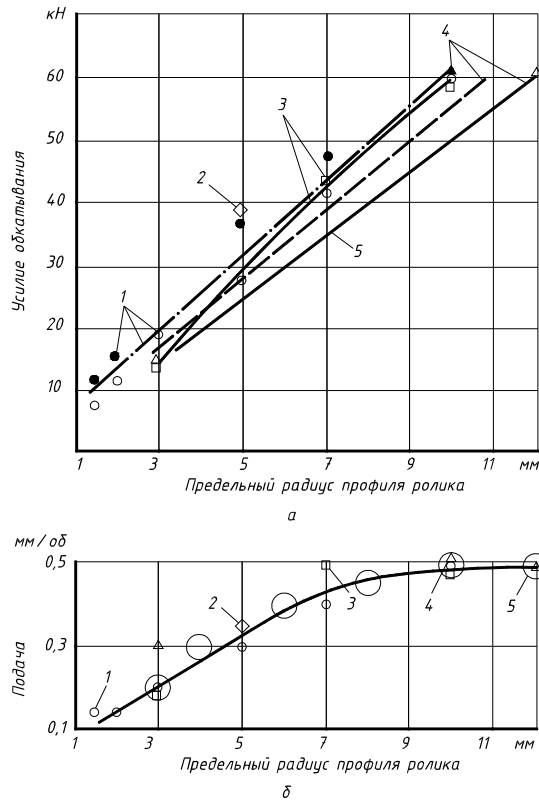


Рис. 5. Залежність граничного радіусу профілю ролика від зусилля обкатування (а) та подачі від профільного радіусу ролика (б) для сталей:

1 – 34ХН1М, 2 – 18ХНВА, 3 – 35ХНВ, 4 – 50, 5 – рекомендовані значення

Враховуючи близькість отриманих значень граничних радіусів для різних сталей, можна замінити на рис. 5, а приватні залежності 1 - 4 узагальненою залежністю 5. Профільні радіуси, що рекомендуються відповідно до цієї залежності, при зусиллях обкатування від 10 до 60 кН наведені в табл. 1. Ці профільні радіуси перевищують граничні значення на 20 – 60%, що оберігає поверхню від руйнування при коливаннях властивостей матеріалу або подачі.

Подачі, за яких отримані зазначені значення профільних радіусів, наведено на рис. 5, б . Цей графік показує, що подача практично не залежить від властивостей матеріалу, що обробляється. Пояснюється це тим, що, незважаючи на різницю в ширині контактних канавок, розрахункові подачі, що становлять 0,1 цієї величини, відрізняються сотими частками міліметра. Так як при обкатуванні завжди доводиться округляти розрахункову величину подачі до найближчого значення, що є на верстаті, можна задати подачу величинами, однозначно пов'язаними з зусиллям і профільним радіусом ролика.

За даними ЦНДІТМАШу [2] зі збільшенням подачі обкатування суттєво знижується поверхнева твердість металу, особливо при великих ступенях наклепу. Враховуючи, що зростання поверхневої твердості сприяє

збільшенню зміцнюючого ефекту обкатування при відносно невеликих зусиллях, рекомендується застосовувати подачі не більше 0,1 - 0,12 ширини сліду ролика на поверхні, що обкатується.

Таблиця 1

Профільний радіус ролика та подачі в залежності від робочого зусилля обкатування

Зусилля обкатування, кН	Профільний радіус ролика, мм	Подача, мм/про
10	3	0,2
20	4	0,3
30	6	0,4
40	8	0,45
50	10	0,5
60	12	0,5

Даних про вплив швидкості обкатування на ефект, що зміцнює, дуже мало. І.В. Кудрявцев [7] перевіряв вплив швидкості на гладких зразках діаметром 18 мм. Він показав, що збільшення швидкості до 35 м/хв не впливає на межу витривалості, принаймні для невеликих зразків. У разі обкатування великих зразків, коли потрібна значна глибина наклепу і можливе розігрівання поверхні, слід вибрати знижену швидкість.

Швидкість обкатування під час зміцнення великих деталей обмежується величиною 50 – 80 м/хв.

За даними роботи [8] кількість проходів не істотно впливає на втомну міцність обкатаних зразків. Незважаючи на помітне зростання поверхневої твердості зі збільшенням кількості проходів до 10, межа витривалості зразків з втулками, що охоплюють, залишається таким же, як після першого проходу. Ці дані отримані на зразках, у яких товщина наклепаного шару становила 0,14 радіусу, а ступінь наклепу досягала 30%. Можливо, що за інших умов зростання поверхневої твердості могло б виявитися корисним, але у разі застосування роликів з малим профільним радіусом і при малих подачах збільшення проходів понад одне треба вважати недоцільним.

Рекомендовані режими зміцнювального обкатування передбачають подальшу механічну обробку деталей для отримання необхідної точності та необхідного класу шорсткості поверхні. Зміцнювальний ефект при цьому знижується незначно, якщо видаляється відносно мала частина наклепаного шару [8].

#### Література:

1. Браславский В.М. Технология обкатки крупных деталей роликами / В.М. Браславский. – М. : Машиностроение, 1975. – 160 с.
2. Кудрявцев И.В. Внутренние напряжения как резерв прочности в машиностроении / И.В. Кудрявцев. – М.: Машгиз, 1951. – 278 с.
3. Куликов О.О. Исследование связи между увеличением предела выносливости и характеристиками наклепанного слоя гладких валов при



обкатке их роликами / О.О. Куликов // Сборник ЦНИИТМАШ. – М. : Машгиз, 1955. – кн. 74. – С. 15–21.

4. Хейфец С.Г. Влияние абсолютных размеров на усталостную прочность при поверхностном упрочнении стали / С.Г. Хейфец // Сборник ЦНИИТМАШ. – М. : Машгиз, 1951. – кн. 43. – С. 9–13.

5. Попов Г.П. Исследование усталостной прочности стали / Г.П. Попов, А.М. Усов. – М. : Трансжелдориздат, 1958. – С. 22–26.

6. Зобнин Н.П. Механическая обработка деталей колесных пар / Н.П. Зобнин. – М. : Трансжелдориздат, 1956. – С. 24–29.

7. Кудрявцев И.В. Повышение прочности стальных деталей обкаткой роликами / И.В. Кудрявцев. – М. : ИТЭИН, – 1948. – С. 41–47.

8. Кудрявцев И.В. Поверхностный наклеп как средство повышения усталостной прочности валов с неподвижными посадками / Кудрявцев И.В., Савина Н.М. // Сборник ЦНИИТМАШ. – М. : Машгиз, 1957. – кн. 85. – С. 14–16.