

# ПРОГРЕСИВНІ МЕТОДИ ПОВЕРХНЕВОГО ЗМІЦНЕННЯ ВАЛІВ-ШЕСТЕРЕН

Підготувала: студентка IV курсу, гр. МТ-21

Сітало С.О.

Керівник: доцент Говорун Т.П.



# Мета роботи

Вибір марки сталі, розробка маршрутної технології виготовлення заготовки і термічної обробки та методів зміцнення для валу-шестерні двоступеневого циліндричного редуктора Ц2У-160.

При виборі матеріалу для виготовлення деталей за кресленнями замовника необхідно враховувати механічні характеристики після термічної обробки, ціну і дефіцитність легуючих добавок сталі і її загальну вартість.

## Об'єкт

*Дослідження процесів хіміко-термічної обробки, а саме газового азотування на структуру і властивості матеріалу для виготовлення валів-шестерен.*





# Можливі причини виходу із ладу

У процесі роботи матеріал вала-шестерні відчуває складні деформації - кручення, розтяг, вигин і стиск. **деталі** За умовами роботи вали-шестерні повинні бути зносостійкими, до них пред'являються вимоги високої міцності, жорсткості, хорошої оброблюваності, малої чутливості до концентраторів напруг, а також здатності піддаватися термічній обробці.

Поломки валів-шестерень в більшості випадків носять втомний характер і відбуваються в зоні концентраторів напружень. Є випадки виходу валів-шестерень з ладу, викликані зазвичай *ушкодженнями зубів*. Найбільш поширеними видами пошкоджень зубів є втомні контактні руйнування робочих поверхонь і втомні руйнування. Значно рідше спостерігається заїдання або знос.

*Втомне викришування* від контактних напружень є основним видом руйнування поверхні зубів при хорошому мастилi передачі. При цьому знос зубів малий. *Абразивний знос* є основною причиною виходу з ладу передач при поганому мастилi, тобто якщо недостатньо захищені від забруднення абразивними частинками (пил, продукти зносу тощо). *Втомна поломка зубів* є одним з найбільш небезпечних видів руйнування, що виникає від дії змінних напружень протягом порівняно тривалого терміну служби.

Таким чином, основними причинами, що впливають на зниження надійності і довговічності валів-шестерень є різні види зношування і пошкодження їх робочих поверхонь, а також втомні руйнування.

# Вибір матеріалу для валів-шестерен

Довговічність і надійність деталі залежить від матеріалу і його конструкційної міцності. Підвищення експлуатаційних якостей виробу досягається правильним вибором марки сталі.

Матеріал для вала-шестерні вибирається з обов'язковим урахуванням:

- 1) Умов експлуатації.
- 2) Механічних властивостей і в першу чергу поєднання високих меж втоми і циклічної в'язкості, що забезпечують надійну і тривалу роботу даного виробу.
- 3) Технологічних і структурних особливостей.
- 4) Особливостей конструкції, які забезпечують жолоблення і протидію до утворення тріщин.
- 5) Експлуатаційних умов та методу її зміцнення для шестерень і валів-шестерень проводять в залежності від ступеня їх навантаженості:
  - мало- і середньонавантажені вали-шестерні - коробки передач, редукторів, задніх мостів виготовляють:
    - з безнікелевих сталей - 20Х, 18ХГТ, 25ХГТ, 30ХГТ, 20ХГР;
    - з малонікелевих - 20ХГНМ, 19ХГН, 20ХНМ, 20ХНР, 20ХГНР сталей;
  - важко навантажені, наприклад, великовантажних автомобілів - з більш легуваних сталей - 12ХНЗА, 20ХНЗА, 15ХГН2ТА, 15Х2ГНТРА, 20ХГН2ТА, 25Х2ГНТА;
  - в одиничному і дрібносерійному виробництві – із поліпшуваних сталей 40, 45, 50Г, 40Х, 30ХГС, 50Х, 50ХН;
  - шестерні великих діаметрів виготовляють литими з сталей 35Л-50Л, 40ХЛ, 30УГСА

# Характеристики матеріалу для валів-шестерен

Виходячи з умов експлуатації та технічних вимог базовим варіантом для виготовлення виробу є сталь 20ХНЗА, яку ми замінюємо на - 30ХГТ.

20ХНЗА - сталь конструкційна низьколегована, високої якості.

30ХГТ - сталь конструкційна низьколегована, якісна.

Порівняльні характеристики сталей наведено в таблицях 1 - 3.

Таблиця 1 - Хімічний склад сталей 20ХНЗА і 30ХГТ, %

Марка сталі	C	Mn	Si	Cr	Ni	Ti	Cu	P	S
20ХНЗА	0,17-0,24	0,30-0,60	0,17-0,37	0,60-0,90	2,75-3,15	-	Не більше 0,30	Не більше 0,025	Не більше 0,025
30ХГТ	0,24-0,32	0,80-1,10	0,17-0,37	1,00-1,30	Не більше 0,30	0,03-0,09	Не більше 0,30	Не більше 0,035	Не більше 0,035

Таблиця 2 - Температури критичних точок сталей 20ХНЗА і 30ХГТ, °С

Марка сталі	Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub> (Ac <sub>m</sub> )	Ar <sub>3</sub> (Ar <sub>m</sub> )	Ar <sub>1</sub>
20ХНЗА	730	810	700	615
30ХГТ	770	825	740	665

# Характеристики матеріалу для валів-шестере

Таблиця 3 - Механічні властивості сталей 20ХНЗА і 30ХГТ

Марка сталі	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_B$ , МПа	$\delta$ , %	$\Psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ (HRC)
20ХНЗА	690	830	11	50	69	Осердя 240-260, поверхні (59-63)
30ХГТ	690	830	12	30	49	Осердя 240-300, поверхні (57-63)

Сталь 20ХНЗА є флокеночутлива, а сталь 30ХГТ - ні.

Однак сталі 20ХНЗА і 30ХГТ схильні до відпускнуї крихкості II-го роду.

Вибираючи матеріал для валу-шестерні, особливо при масовому виробництві, слід вибирати не тільки сталь, яка б забезпечила високі вимоги, що пред'являються до механічних властивостей на поверхні і в серцевині, але необхідно оцінювати вартість і самого матеріалу, виготовлення деталі, термічну обробку, а також дефіцитність цього матеріалу.

Як відомо, найбільш дефіцитними є сталі, що містять нікель, наприклад, 20ХНЗА. Крім того, високий вміст легуючих елементів (в тому числі і дорогих) в сталях не рекомендується.

Значить дешевим матеріалом і економно легованим є сталь 30ХГТ.

# Вибір термічної обробки і методів

## зміцнення

Для додання зубцям валів-шестерен більшої твердості і зносостійкості вироби піддають зміцненню за допомогою цементації, нітроцементації, азотування або нанесення зносостійких покриттів.

До основних видів термічної і хіміко-термічної обробки вала-шестерні відносяться:

- поверхневе гартування з нагріванням СВЧ (для виробів малих і середніх розмірів) або ацетиленовим полум'ям. Сталі 45, 40Х, 40ХН (до 50-55 HRC);
- цементація - насичення вуглецем поверхневого шару металу з наступним гартуванням. Сталі 15, 20, 20Х, 18ХГТ і т. д. (до 58-63 HRC);
- азотування (насичення поверхневого шару азотом) без подальшого гартування. Сталі 38Х2МЮА і ін., що містять молібден; 30ХГТ, 40Х, 40ХМ, 40ХНМА. Зуби не шліфують;
- ціанування (насичення вуглецем і азотом), зокрема нітроцементація, з наступним гартуванням. Сталі 25ХГТ, 25ХГМ і ін. (до 60-63 HRC);
- лазерне гартування (до 64 HRC) не вимагає складного легування сталей, не викликає викривлення.

Для нашої вал-шестерні із вибраного матеріалу вибираємо наступну термічну обробку, приведену на рисунку 2.



# Вибір термічної обробки і методів зміцнення

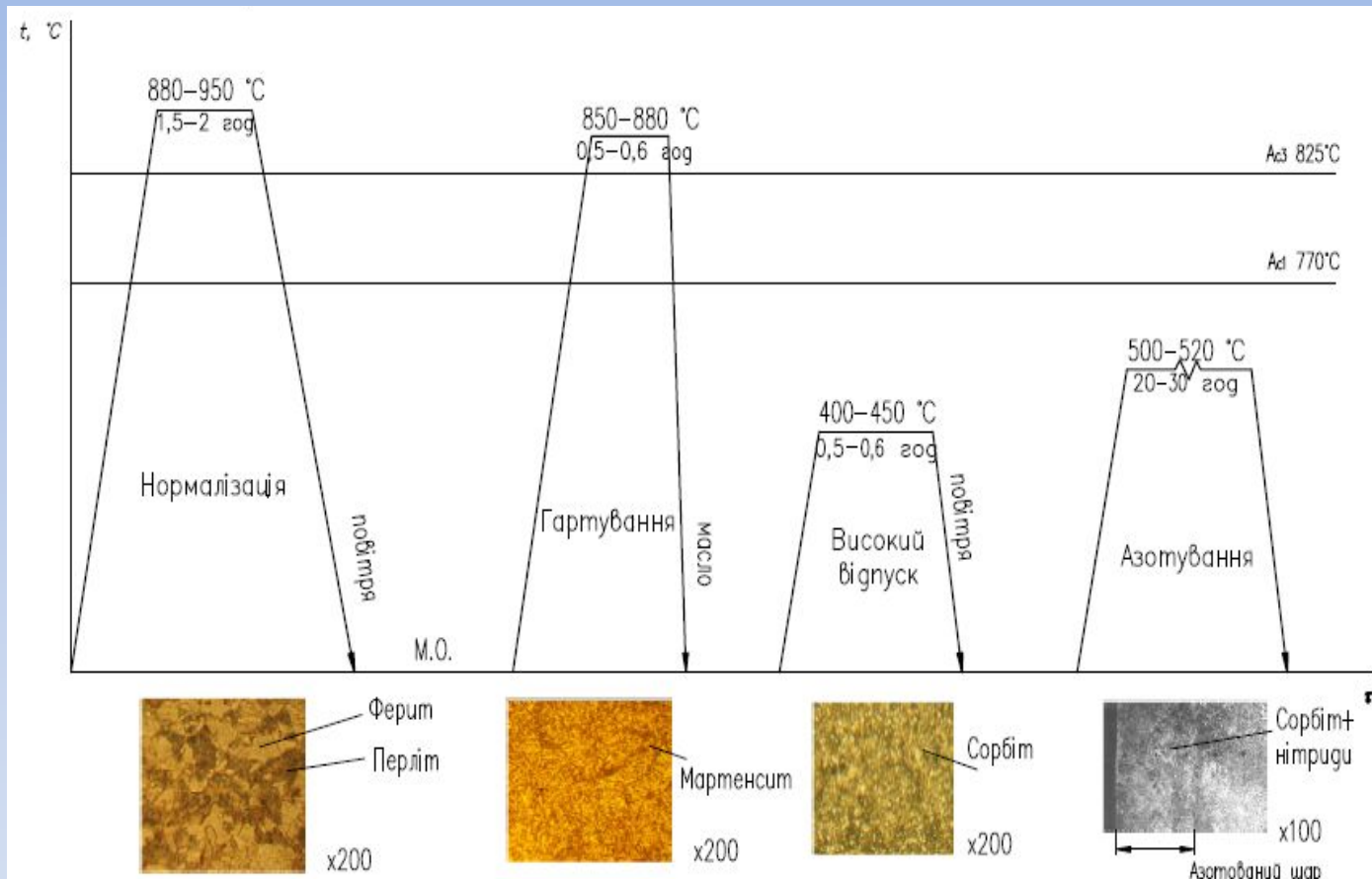


Рисунок 2 - Графік режимів термічної обробки вала-шестерні зі сталі 30ХГТ

# Характеристики газового азотування

Для додання зубцям більшої твердості і зносостійкості вал-шестерню піддають азотуванню. **Азотування** - це технологічний процес хіміко-термічної обробки, при якому поверхню різних металів або сплавів насичують азотом в спеціальному азотованому середовищі з отриманням поверхневого шару товщиною до 0,3-0,6 мм.

**Азотування** - насичення поверхневих шарів азотом, забезпечує високу твердість (58 ... 65) HRC і зносостійкість поверхневих шарів. Азотують готові деталі без подальшого гартування. Зубці після азотування в зв'язку з малою товщиною шару насичення і малим викривленням не шліфують. Поверхневий шар виробу, насичений азотом, має у своєму складі розчинені нітриди і набуває підвищеної корозійної стійкості і найвищої мікротвердості. Для вала-шестерні зі сталі 30ХГТ газове азотування буде проводитись протягом 20-30 годин. Структура сталі 30ХГТ після азотування приведена на рисунку 3.

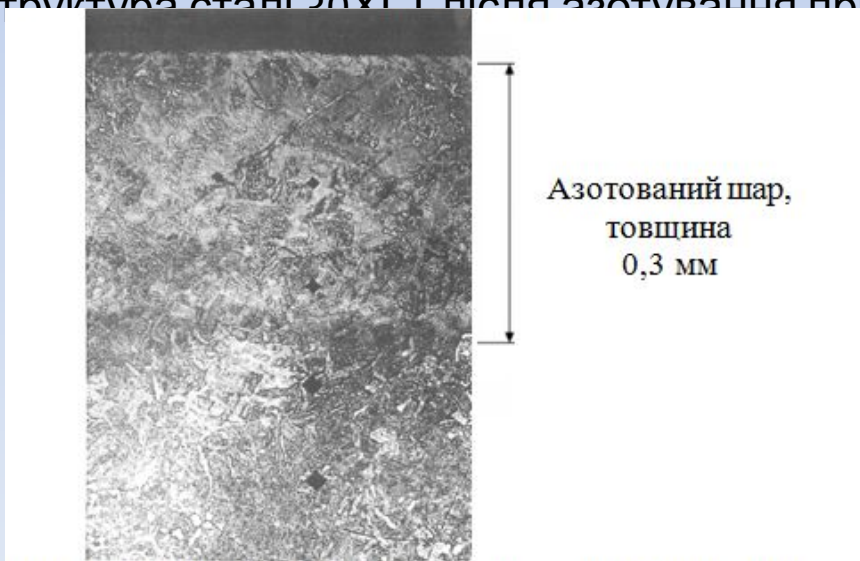


Рисунок 3 -  
Мікроструктура  
азотованого  
шару сталі  
30ХГТ, x100



# Графік зміни мікротвердості за товщиною азотованого шару

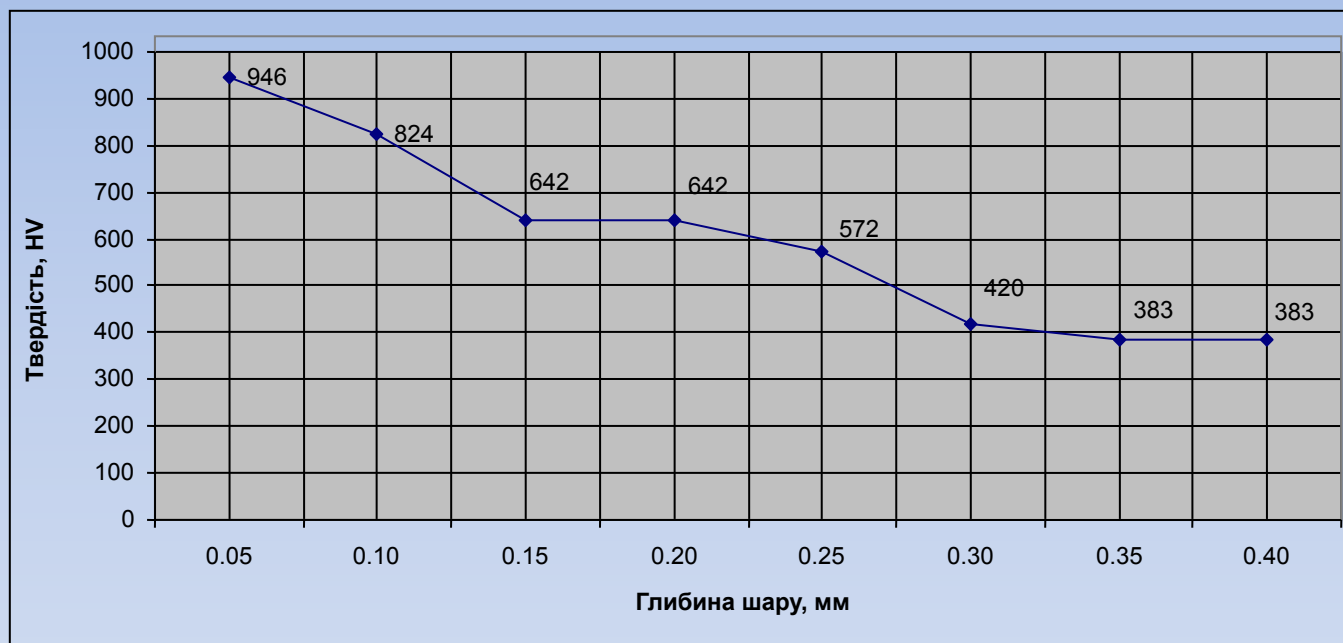


Рисунок 4 - Графік зміни мікротвердості сталі 30ХГТ за товщиною азотованого шару



# Висновк

- - азотований шар має високу твердість і зносостійкість. Зносостійкість азотованої сталі в 1,5-4 рази вище зносостійкості загартованих високовуглецевих, цементованих, а також нітроцементованих сталей.
- - азотування знижує в'язкість сталі, підвищує її міцність, послаблює вплив концентраторів напруг на зниження межі витривалості сталі і істотно підвищує межу витривалості, особливо тонких деталей і деталей, що працюють в деяких корозійних середовищах.
- - у результаті азотування корозійна стійкість конструкційної сталі (у середовищі повітря, водопровідній воді, перегрітій парі, слабких лужних розчинах) підвищується і, навпаки, аустенітної хромонікелевої і нержавіючої хромової сталі деяких марок знижується. Шестерні і вали-шестерні можуть тривало, без роз'їдання працювати в слабких кислотних і лужних середовищах.
- - азотована сталь володіє високою ерозійною стійкістю в потоках гарячої води і водяної пари. Підвищення твердості і корозійної стійкості виробу при азотуванні досягається завдяки утворенню в його поверхневому шарі дуже подрібнених хімічних сполук азоту з металами - нітридів. Ці нітриди надають сталі дуже високу природну твердість, тому після азотування не потрібно ніякої додаткової термічної обробки. У цьому полягає принципова відмінність азотування від цементації і перевага процесу азотування.
- - у азотованому шарі виникають залишкові напруги стиснення, величина яких на поверхні становить 600 - 800 МПа. Це підвищує межу витривалості і переносить вогнище втомного руйнування під азотований шар. Межа витривалості гладких зразків зростає на 30 – 40 %, а при наявності концентраторів напружень - більш ніж на 100 %. Але внаслідок невеликої товщини шару (0,3 - 0,6 мм), що обмежує допустимі навантаження, а також великої тривалості процесу азотування застосовується рідше, ніж, наприклад, цементація.
- - недоліки цього процесу - мала товщина дифузійного шару і тривалість
- - важливу технологічну перевагу азотування - мінімальне короблення;
- - процес вважають практично бездеформаційним.



Дякую за  
увагу!

