

## **СПОСОБЫ УПРОЧНЕНИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС**

*Розглянуто матеріали зубчатих коліс та способи їх зміцнення. Пропоновано область застосування відповідних матеріалів та способів їх обробки при виготовленні зубчастих коліс згідно з їх розмірами та призначенням.*

Зубчатые колёса передач и редукторов в большинстве случаев изготавливают из сталей, подвергнутых термическому или химико-термическому упрочнению. Чугуны применяют для малонагруженных или редко работающих передач, в которых габариты и масса не имеют определяющего значения. Ниже рассматриваются только стальные колёса.

Способы упрочнения зубчатых колёс. Способы упрочнения выбирают в зависимости от требуемой несущей способности зубчатых колёс, марки стали, оборудования и трудоёмкости изготовления. Чем выше требуемая несущая способность, тем более качественные и дорогие стали и сложное оборудование приходится применять, вкладывать больше труда в каждый килограмм массы передачи; если же стоимость передачи отнести к нагрузочной способности. То это оказывается экономически оправданным. Поэтому следует применять наиболее эффективные способы упрочнения, доступные имеющимся производственным возможностям.

Основные способы упрочнения :

1. Нормализация. Позволяет получить лишь низкую нагрузочную способность. Используют для поковок и оливок из среднеуглеродистых сталей; сохраняет точность, полученную при механической обработке; передачи хорошо и быстро прирабатываются.

Область применения : редукторы больших размеров, индивидуальное производство, малонагруженные передачи .

2. Улучшение. Обеспечивает свойства, аналогичные получаемым при нормализации, но нарезание зубьев труднее из-за большей их твёрдости. Заготовки – средние по размерам поковки и отливки из среднеуглеродистых сталей.

Область применения : редукторы средних размеров и передачи с небольшими нагрузками.

3. Закалка. При нагреве ТВЧ даёт среднюю нагрузочную способность при достаточно простой технологи. Из-за повышенной твёрдости зубьев передачи плохо прирабатываются; недостаток такой термообработки - потери одной-двух степеней точности вследствие коробления, величина которого зависит от применяемого оборудования и культуры производства.

Размеры зубчатых колёс практически не ограничены. Необходимо учитывать, что при модулях, меньших 3-5 мм, зуб прокалывается насквозь.

Область применения – тихоходные передачи низкой точности. Сочетание шестерни, закалённой при нагреве ТВЧ, и улучшенного колеса вследствие проявления головочного эффекта даёт большую нагрузочную способность, чем улучшенная пара с той же твёрдостью колеса. Такая пара хорошо прирабатывается; её применение предпочтительно, если нельзя обеспечить высокую твёрдость зубьев колеса, при скоростях  $v \leq 12,5$  м/с.

4. Пламенная закалка. Обеспечивает такую же нагрузочную способность, как и закалка с нагревом ТВЧ, но коробление меньше – теряется одна степень точности. При

этом способе требуется специальное оборудование, он отличается низкой производительностью.

Область применения : тяжёлое машиностроение, передачи с большими модулями, низкой точности, индивидуальное производство.

5. Объёмная закалка. Повышает нагрузочную способность до средней. Технология проста, коробление умеренное – теряется одна степень точности. Как и все твёрдые передачи, прирабатывается плохо.

Область применения : мелкие тихоходные зубчатые колёса низкой точности (например, ручные тали ).

6. Цементация. Обеспечивает высокую нагрузочную способность и стабильность свойств; поверхности зуба насыщают углеродом до 0,8-1,1 % на глубину 0,20 т. Для цементации требуется специальное оборудование. Недостатки сособа – большое коробление, потеря двух степеней точности.

Область применения: высоконагруженные передачи малых и средних размеров разных степеней точности.

7. Газовая нитроцементация. Обеспечивает весьма высокую несущую способность и стабильность свойств. По сравнению с обычной цементацией приводит к меньшему короблению – теряется одна степень точности. Толщина слоя насыщения в 1,5 раза меньше, чем при цементации, и не более 1 мм при  $m_p < 8$  мм. Требуется дорогое уникальное оборудование, изготавливаемое только для крупносерийного производства.

Область применения: небольшие зубчатые колёса крупносерийного и массового производства.

8. Азотирование. Обеспечивает высокую нагрузочную способность практически без коробления ; необходимо специальное оборудование; процесс длительный (20-50 ч) ; тонкий азотированный слой чувствителен к перекосам и ударам. Толщина слоя 0,2-0,5 мм при  $m_p \leq 8$  мм.

Область применения - быстроходные точные передачи, работающие без ударов.

9. Механическое упрочнение и электрополирование. Изломная прочность зубьев значительно повышается накаткой впадин, чеканкой, дробеструйной обработкой. Упрочнение достигает 40%. Электрополирование уничтожает тонкий дефектный слой, уменьшает шероховатость поверхности и даёт небольшие завалы у концов зубьев, имитирующие бочкообразность.

Выбор марок сталей для зубчатых колёс. В термически необработанном состоянии механические свойства всех сталей близки. Поэтому применение легированных сталей без термообработки недопустимо.

Прокаливаемость сталей различна: углеродистые – наименьшая, высоколегированных – наибольшая. Стали с плохой прокаливаемостью при больших сечениях нельзя термически обработать на высокую твёрдость. Поэтому марку стали для упрочняемых зубчатых колёс выбирают с учётом их размеров, а именно диаметра вала-шестерни или червяка и наибольшей толщины сечения колеса с припуском на механическую обработку после нормализации или улучшения.

Механические свойства наиболее употребительных сталей с учётом размеров зубчатых колёс приведены в таблице 1.

Таблица 1

Механические свойства сталей

Марка	Диаметр	Ширина	НВ	HRC	$\sigma_e$	$\sigma_m$	Термическая
-------	---------	--------	----	-----	------------	------------	-------------

стали	D, мм	S, мм	сердцевин ы	поверхнос ти	МПа		обработка
35	Любой	Любая	163-192	-	550	270	Нормализация
45	»	»	179-207	-	600	320	»
45	125	80	235-262	-	780	540	Улучшение
45	80	50	269-302	-	890	650	»
40X	200	125	235-262	-	790	640	»
40X	125	80	269-302	-	900	750	»
40X	125	80	269-302	45-50	900	750	Улучшение + закалка ТВЧ
35XM	315	200	235-262	-	800	670	Улучшение
35XM	200	125	269-302	-	920	790	»
35XM	200	125	269-302	48-53	920	790	Улучшение + закалка ТВЧ
40XH	315	200	262-302	-	800	630	Улучшение
40XH	200	125	269-302	-	920	750	»
40XH	200	125	269-302	48-53	920	750	Улучшение + закалка ТВЧ
20XH2M	200	125	300-400	56-63	1000	800	Улучшение+ цементизация+
18XГТ	200	125	300-400	56-63	1000	800	закалка Улучшение+
12XH3A	200	125	300-400	56-63	1000	800	цементизация+ закалка
25XГМ	200	125	300-400	56-63	1000	800	»
40XH2M А	125	80	269-302	50-56	980	780	Улучшение + азотирование
	Любой	Любая	163-207	-	550	270	Нормализация
35Л	315	200	207-235	-	680	440	Улучшение
45Л	315	200	235-262	-	850	600	»
40ГЛ							

Для сталей, не включенных в табл.1, предел прочности определяют по формулам  $\sigma_{\sigma} \approx 3,5HB$ ;  $\sigma_{\sigma} \approx 3,2HB$ , где первая формула – для высоколегированных цементуемых сталей, вторая – для всех других сталей.

При отсутствии данных усталостные характеристики сталей можно определить по формулам

$$\sigma_{-1} \approx 0,43 \sigma_{\sigma} \quad (1.1)$$

$$\tau_{-1} \approx 0,6\sigma_{-1} \quad (1.2)$$

#### ВЫВОДЫ

Для унификации марок сталей в производстве и для упрощения изготовления запасных частей марки стали рекомендуется выбирать из следующего ассортимента:

- 1) нормализация – 35, 45, 35Л;

- 2) улучшение – 45, 40Х, 35ХН, 45Л, 40ГЛ;
- 3) закалка при нагреве ТВЧ – 35ХМ, 40ХН, 50ХН, 58; применение углеродистых сталей типа 45 недопустимо;
- 4) пламенная закалка – 35ХМ, 40ХН;
- 5) объёмная закалка – 45, 40Х, 35ХМ, 40ХН;
- 6) цементация – 20ХН2М, 18ХГТ, 12ХН3А, 18Х2Н4ВА;
- 7) газовая нитроцементация – 25ХГМ;
- 8) азотирование (мягкое) – 40ХН2МА.

Література:

1. Н.Н. Следь "Эксплуатация электромеханических устройств угольных шахт". – Донецк, 1997 г.
2. Г.М. Гимельштейн "Техническое обслуживание и ремонт оборудования подземного транспорта", Москва, "Недра", 1984 г.
3. П.М.Шилов "Технология производства и ремонт горных машин", - Киев "Вища школа", 1986 г.