



文件序號：T2020108

技術類別：《齒輪應用》

技術類別	齒輪應用
篇名	齒輪的材料及熱處理
重點	齒輪的材料及熱處理
產出日期	2020/03/04
資料來源	日本 KHK / 台灣昭源提供 麗台國際有限公司整理



9 齒輪的材料及熱處理

齒輪，根據各自的用途，分別使用鐵系材料、非鐵系金屬材料及工程塑膠等製作。材料的種類、熱處理手段等的不同，齒輪的強度也不同。

9.1 齒輪的常用材料

齒輪使用的常用材料及其機械性能、特徵等列於表 9.1。

表 9.1 齒輪的常用材料

材料分類	JIS 材料記號	抗拉強度 N/mm ²	伸張率% 以上	斷面收縮率% 以上	硬度 HB	特徵・熱處理及用途例等
機械構造用碳鋼	S15CK	490 以上	20	50	143 ~ 235	低碳鋼。通過滲碳熱處理得到高硬度。
	S45C	690 以上	17	45	201 ~ 269	最為普通的中碳鋼。調質 / 高周波淬火。
機械構造用合金鋼	SCM435	930 以上	15	50	269 ~ 331	中碳合金鋼 (含碳量 C 0.3 ~ 0.7%)。調質及高周波淬火。高強度 (抗彎強度 / 齒面強度)。
	SCM440	980 以上	12	45	285 ~ 352	
	SNCM439	980 以上	16	45	293 ~ 352	
	SCr415	780 以上	15	40	217 ~ 302	低合金鋼 (含碳量 C 0.3% 以下)。表面硬化處理 (滲碳、氮化、滲碳氮化等)。高強度 (抗彎強度大 / 齒面強度大)。適合使用於除蝸輪外的各種齒輪。
	SCM415	830 以上	16	40	235 ~ 321	
	SNC815	980 以上	12	45	285 ~ 388	
	SNCM220	830 以上	17	40	248 ~ 341	
SNCM420	980 以上	15	40	293 ~ 375		
一般構造用壓延鋼材	SS400	400 以上	—	—	—	低強度 / 廉價。
灰鑄鐵	FC200	200 以上	—	—	223 以下	與鋼材相比強度低。適合大批量齒輪生產。
球墨鑄鐵	FCD500-7	500 以上	7	—	150 ~ 230	高強度球墨鑄鐵。大型鑄造齒輪。
不銹鋼	SUS303	520 以上	40	50	187 以下	比 SUS304 的切削性、抗磨損性能高。
	SUS304	520 以上	40	60	187 以下	使用最為廣泛的不銹鋼。適合於食品機械等。
	SUS316	520 以上	40	60	187 以下	在海水環境中比 SUS304 有更高的防腐性能。
	SUS420J2	540 以上	12	40	217 以上	可以淬火熱處理的馬氏體不銹鋼。
	SUS440C	—	—	—	58HRC 以上	提高淬火得到最高硬度。齒面強度高。
非鐵金屬	C3604	335	—	—	80HV 以上	快削黃銅。各種小型齒輪。
	CAC502	295	10	—	80 以上	鑄造錫青銅。最適合於製造齒輪。
	CAC702	540	15	—	120 以上	鑄造鋁青銅。蝸輪等。
工程塑膠	MC901	96	—	—	120HRR	機械加工齒輪。輕量。不生銹。
	MC602ST	96	—	—	120HRR	
	M90	62	—	—	80 HRR	射出成形齒輪。低價大量生產。輕負荷用。

9.2 代表性的齒輪熱處理方法

熱處理是為了得到所需的金相組織及性能對金屬材料做加熱和冷卻處理的過程。特別是隨冷卻方式不同，可以得到各種不同的組織及性能。熱處理大致可以分為正常化、退火、淬火、回火、表面硬化等幾種。有效的利用熱處理，可以充分發揮鋼材的潛在性能。

透過對鋼材實行各種熱處理，使鋼材變硬，齒輪的強度得以提高。特別是齒面強度，會得到大幅度提高。根據鋼材所含的碳素量不同，淬火方法如表 9.2 所示而變化。

表 9.2 淬火方法

淬火方法	碳 (C)% (總量)					
	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
滲碳淬火		↔				
高周波淬火				↔	↔	
火焰淬火				↔	↔	
氮化 (注 1)				↔	↔	
整件淬火						←

注 1. 氮化處理時，材料中必須含有 Al、Cr、Mo、V 等一種以上的合金元素。



(1) 正常化 normalizing

正常化是為了細化鋼材晶粒，均勻內部組織的熱處理方法。正常化處理的目的是消除機械加工時產生的內應力及壓延等塑性加工時產生的纖維組織。

(2) 退火 annealing

退火是為了軟化鋼材、調整結晶組織、去除內部應力、改善冷軋加工及切削性的熱處理方法。根據使用目的，退火細分為完全退火、球化退火、去應力退火、中間退火等。

① 去應力退火

不改變金屬組織，消除金屬內部應力的退火處理。

② 矯直退火

為了除去鋼材的翹曲等變形，對鋼材一邊加載一邊進行退火的處理。

③ 中間退火

為了使次一工序的加工容易進行，冷軋工序的途中對變硬的材料做軟化處理的退火加工。

(3) 淬火 quenching

淬火是鋼材經高溫加熱後快速冷卻處理的加工。提高鋼材硬度及強度。根據冷卻條件分為水淬、油淬、真空淬火等。

淬火後的材料必須經過回火處理。

(4) 回火 tempering

回火是鋼件淬火後再度加熱到某一溫度，然後以適當的速度冷卻的熱處理。

淬火後的材料必須經過回火處理。

回火處理的主要目的是調整材料硬度、提高韌性及消除內部應力。

根據回火溫度的不同，回火可分為低溫回火和高溫回火。回火溫度越高，材料的硬度降低，韌性增強。

調質處理採行的是高溫回火。

高周波淬火、滲碳淬火等表面硬化處理後的回火處理為低溫回火。

(5) 調質

調質是淬火與回火(高溫)處理相結合、調整鋼材硬度/強度/韌性的熱處理。調質處理後的材料硬度為一般機械加工範圍的硬度。

一般調質硬度如下所示。

S45C (機械構造用碳素鋼) 200 ~ 270 HB

SCM440 (機械構造用合金鋼) 230 ~ 270 HB

(6) 滲碳淬火

滲碳淬火是在低碳鋼的表面滲入碳素後淬火處理的熱處理。滲入碳素的表層得到高硬度。淬火後經低溫回火，調整硬度。

材料經滲碳淬火後，心部硬度也會有一定的提高，但達不到表面的程度。

如果在材料的一部分塗抹防滲碳劑，可以防止碳素的滲入，達到防止這個部分硬度變高的目的。

表面硬度及硬化層深度大致如下。

· 淬火硬度 55 ~ 63HRC (參考)

· 有效硬化層深度 0.3 ~ 1.2 mm (參考)

齒輪經過滲碳淬火處理後產生變形，齒輪精度下降。要想提高齒輪精度，必須對齒輪做研磨加工。

(7) 高周波淬火

高周波淬火是將含碳量在 0.30% 以上的鋼材經過感應加熱，使材料表面變硬的淬火熱處理。經過高周波淬火的齒輪，其齒面及齒頂可以得到高硬度。但是，齒根部有得不到硬化的可能性。

由於高周波淬火產生形變，所以一般情況下齒輪精度下降。

S45C 鋼制產品的高周波淬火硬度及硬化層深度請參考如下。

· 淬火硬度 45 ~ 55 HRC

· 有效硬化層深さ 1 ~ 2 mm

(8) 火焰淬火

熱源為火焰的表面熱處理。主要在鋼鐵的任意表面或某一部分需要淬火時使用。

(9) 氮化

將氮素擴散滲入鋼材表面使鋼材表面得以硬化的熱處理方法。含有鋁、鉻、鉬的鋼材容易通過氮化處理提高硬度。具有代表性的氮化鋼是 SACM645 (鋁鉬鋼)。

(10) 整件淬火

整件經過加熱、速冷的淬火熱處理。材料的表面於心部達到相同的硬度。