619

高速乾式ホブ切りにおいて発生する歯面傷の観察

Observation of Flaws on Gear Surface in Dry Hobbing

正 日高一憲 (佐世保高専)

○正 中江道彦 (佐世保高専)

正 森川浩次 (佐世保高専)

Kazunori HIDAKA

Dept. of Mechanical Engineering, Sasebo
National College of Technology
1-1, Okishin-cho, Sasebo 857-1193

Masahiko NAKAE

Dept. of Mechanical Engineering, Sasebo
National College of Technology

Hiroshi MORIKAWA

Dept. of Mechanical Engineering, Sasebo
National College of Technology

Key Words: Gear, Hobbing, Dry cutting, Mist, Air blow, Flaw, Tooth flank

1. 緒言

(Al,Ti)N 系のコーティングホブを用いれば、乾式での高速歯切りが可能であり、このことは、これまで多量に切削油剤を用いてきた歯車加工業界において、省資源および環境保全の観点から強い関心が寄せられている。

高速乾式切削を行うと、しばしば歯面に傷の発生が観察される。歯面傷の発生は、シェーピングしろを大きくする必要が生じるなど問題が多い。

本研究は、乾式ホブ切りにおける歯面傷の発生原因を解明し、その防止法を見出すために行っているもので、本報では歯面傷の詳細な観察から、歯面傷を数種類に分類した。また、圧縮空気の供給およびミスト給油が歯面傷の防止に効果があることを示した。

2. 実験条件および方法

表 1 に示す (Al,Ti)N コーティング高速度鋼ホブを用いて、歯車材 SCr420 を、切削速度 50~200m/min, 送り 2mm/rev, 切り込み 6mm でクライムホブ切りした。圧縮空気はコンプレッサを用いて 0.7~0.8MPa の圧力で、ミストは切り吹き方式と市販のミスト発生器による方法で不水溶性切削油剤を圧縮空気とともに 50g/hour の割合で、いずれもホブ逃げ面側から供給した。

切削方式による違いを調べるために、切削直後の切りくずを水を入れた断熱ビーカーに取り、水温の上昇から切りくず温度を推定し、同時に歯面とホブすくい面の温度を熱電対式接触温度計を用いて測定した。

Table 1 Specifications of gear and hob

Gear	
Module	2
Material	SCr420(140HB)
Pressure angle	14.5°
Number of teeth	39
Helix angle	30° 58'13" RH
Face width	50mm
Hob	
Material	Sintered HSS
Coating	(Al,Ti)N
Rake angle	0°
Lead angle	4° 7'57"
Outside diameter	80mm
Number of gashes	12
Number of flutes	3
Tooth profile	High-tooth with protuberance

切削した歯車は歯面傷の発生状況を詳細に観察したのち、歯形、歯すじ形状および歯面粗さを測定した。

3. 実験結果および考察

3. 1 歯面傷の分類

(1) 歯元切り下げ部の傷

図 1 (a) は歯元部のほぼ歯幅全体にわたって発生した幅 1.3mm ほどの帯状の傷を示す。この傷は乾式切削のトレーリング側に、実験したすべての条件で発生した。これはプロデュバランスホブのこぶにより切り下げられた部分に発生したものである。拡大図(b)を見ると、むしれ状に荒れているのがわかる。また図(c)の断面写真から歯面表層部に塑性流れが観察され、所々に切りくずの溶着が見られる。この傷は、先

Fig. 1 Flaw on dedendum flank in dry hobbing

Fig. 2 Reduction of flaw by air blow or mist

に削り出されたリーディング側の厚い切りくずに、後から削り出された薄いトレーリング側の切りくずの流出が阻害され、トレーリング側歯面に強く押しつけられて発生したものであると思われる。

図2(a)は、空気を吹き付け（エア供給）ながら切削した時の歯面を示す。歯元部の傷は低速切削においてのみ小さく切れ切れに発生した。図(b)は霧吹き方式でミスト給油しながら切削したものである。歯元部の傷はさらに小さくなっていることがわかる。エアまたはミスト供給による冷却効果により、切りくずのカール半径が小さくなり、干渉が緩和されたものと思われる。

(2) その他の傷

図3(a)(b)は歯元の傷以外に乾式切削で歯面に発生した傷を示す。これらは小さな傷で、ホブに付着した切りくずもしくは構成刃先の脱落片がかみ込んで生じたものと思われる。このタイプの傷はリーディング側に多く発生し、トレーリング側にはほとんど発生しない。

(3) エアとミスト給油による歯面傷の防止効果

表2は歯元切り下げ部の傷の発生状況を示したもので、歯幅全体に生じた長い傷（図1(a)）をAタイプ、とぎれとぎれの傷（図2(a)）をBタイプ、わずかに見られる小さな傷（図2(b)）をCタイプとして表している。表よりミスト給油の歯面傷防止効果がよくわかる。

Fig. 3 Flaws on tooth flanks

Table 2 Occurring conditions of flaws on dedendum flanks

Cutting speed m/min	Dry		Air blow		Mist	
	T	L	T	L	T	L
50	B	None	B	None	None	None
100	A	C	B	C	None	C
150	A	None	None	None	None	None
200	A	None	C	None	None	None

Fig. 4 Number of flaws on tooth flanks

Fig. 5 Tooth flank roughness

図4は歯元部を除く歯面に生じた傷の個数を示す。切削速度 100m/min ではほとんど効果は現れていないが、他の切削速度ではエアおよびミスト給油は、このタイプの傷に対して、その発生を防止する効果が高いことがわかる。

3. 2 歯面粗さおよび歯形誤差

図5は切削速度と歯面粗さ（歯形方向）の関係を示したものである。切削速度が 100m/min 以下では乾式切削のほうが、エアおよびミスト供給より粗さは小さくなっているが、高速側ではわずかではあるが、逆転する傾向が見られる。しかしいずれも粗さは 2μmRz 程度で、滑らかに仕上がっている。

図6の歯形誤差は、低速側ではいずれも同程度であるが、高速になると乾式切削では誤差が大きくなる傾向が見られる。エア供給時に高速切削でトレーリング側の誤差が大きくなっているが、他はエアおよびミスト供給の効果が見られる。

3. 3 各部の温度

図7はホブ切り後の歯車歯面とホブすくい面の上昇温度を示す。歯面温度は切削速度の上昇とともに低下する傾向が見られる。また高速ほどエアおよびミスト供給効果が高いことがわかる。ホブすくい面温度はミスト給油では切削速度にはほとんど影響されずほぼ一定であるが、乾式およびエア供給では低速切削側でやや高くなる傾向が見られる。

図8は切りくず温度を示したものである。切削速度が増加すると、切りくず温度も上昇する傾向があるが、ミスト給油では温度上昇割合が非常に小さいことがわかる。

以上のことから、ミスト給油は特に高速切削において高い冷却効果を発揮することがわかる。 参考文献省略。

Fig. 6 Comparison of profile error

Fig. 7 Rise of temperature of gear and hob

Fig. 8 Rise of temperature of chips