

铜在切屑过程中碳化物形貌的变化

吴洛平 陈子文 吴惠贞 蔡光仁

(精密机械工程系)

摘 要

本文对不同显微组织切屑样品,用光学和透射电子显微镜观察第一、二变形区中组织的变化情况,证实了切屑形成是“微区热加工”过程,而碳化物则发生破碎、溶解和“球化退火”过程。在相近硬度下,钢在切削时,球状碳化物组织比片状碳化物组织所耗的能量少。

关键词 碳化物,热加工,球化退火,硬度

一、前 言

过去对金属材料切削加工的研究,大多从力学的角度即从切削力的变化进行,例如切削参数,刀具几何形状及工件材料的强度、硬度等。人们虽然注意到材料的显微组织对金属材料切削性能产生影响,但对切屑形成过程中,其第二相组织的变化和它对切削性能的影响及机理探讨还不多。文[2]对40CrMo钢进行研究,证明在一定硬度范围内,金相显微组织对其切削性能产生很大的影响,即在切削参数、刀具几何形状相同情况下,40CrMo钢经球化处理后,得到的球状珠光体比经退火处理得到的片状珠光体的切削性效佳。而从实践中感觉到钢材经球化处理后,更容易加工,特别是高碳钢。

从宏观上看,金属切削中切屑形成的过程是塑性变形过程,即塑性较高的基体产生大塑性变形。但对于硬且脆的第二相(如钢中的碳化物)将产生怎样的变化?对切屑的第一、二变形区产生怎样的影响?这些都关系到对金属材料切削,断屑、切屑形态的影响,并将引起人们的关注。

本文采用中碳钢40CrMo,高碳钢T10,通过不同的热处理工艺,研究不同的碳化物数量,形态在高速和低速切削条件下,其切削的组织变化。

二、试 验 过 程

1. 40CrMo钢(直径 $\phi 100\text{mm}$)

本文1989年1月25日收到。

利用半正交车削,无冷却液,刀具用M42含钴高速钢。车刀几何形状: $\gamma=5^\circ$, $\alpha=6^\circ$; 切削参数:切深1.5mm,进给量0.25mm/转。热处理工艺及切削速度如表1所示。

表 1

试样编号	热 处 理 工 艺	切削速度
1	完全退火, 850℃加热炉冷	15m/min
2	完全退火, 850℃加热炉冷	45m/min
3	球化处理, 850℃加热淬火+700℃回火	15m/min
4	球化处理, 850℃加热淬火+700℃回火	45m/min

2. T10钢(直径 $\phi 35\text{mm}$)

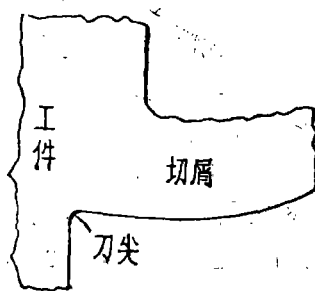
利用半正交车削,无冷却液,刀具用国产高速钢 W18Cr4v。车刀几何形状: $\gamma=6^\circ$, $\alpha=10^\circ$; 切削参数:切深1.5mm,进给量0.15mm/转;热处理工艺及切削速度如表2所示。

表 2

试样编号	热 处 理 工 艺	切削速度
5	完全退火, 900℃加热炉冷	15.8m/min
5	完全退火, 900℃加热炉冷	46.5m/min
7	球化退火, 730℃加热保温5h炉冷	15m/min
8	球化退火, 730℃加热保温5h炉冷	45m/min

40CrMo, T10钢采用连续车削30s左右用快速落刀的方法取得试样。试样形状如图1所示。试样制取后制备为金相试样在光学显微镜下观察。

同时对T10钢两种不同处理状态的高速切削条件用快速落刀的方法取得如图1形状的试样后载取切屑的根部(紧靠刀尖处)制成二级复型,在透射电子显微镜下进行观察。



三、试验结果

1. 退火处理后得到片状球光体组织

40CrMo钢在完全退火情况下,其显微组织为等轴状铁素体和片状球光体。1*, 2*试样在光学显微镜下可清楚地观察到当金属通过第一变形区后,等轴状的铁素体和球光体被拉长,并沿剪切面分布(图1a)。在第二变形区则进一步变形,且变形量比第一变形区大得多,而形成纤维组织且平行于前刀面。第二相碳化物通过第一变形区开始转动且破碎,到第二变形区则进一步破碎,而且四角被溶解形成颗粒状(图版11b)。2*试样切屑底部形成滞流层,其组织在光学显微镜下模糊不清(图12)。

T10钢在完全退火情况下,其组织为片状球光体和少量二次渗碳体。5*, 6*试样,在

图 1 金相试样形状

光学显微镜下可以观察到:当金属通过第一变形区时,其球光体中的铁素体产生大量的塑性变形,而球光体的渗碳体则沿刀尖为中心发生转动且破碎(图版 I 4a)。到第二变形区铁素体产生更大的变形,形成纤维状组织且平行于前刀面,渗碳体进一步破碎,在切屑的底部产生溶解,形成颗粒状(图版 I 4b)。6[#]试样在切屑底部滞流层中,渗碳体大量破碎溶解,在光学显微镜下组织已模糊不清(图版 I 3)。

6[#]二级复形试样在透射电子显微镜下可以清楚地观察到在切屑的顶部渗碳体发生破碎(图 II 1a),在切屑的中部渗碳体仍呈片状组织,仅有极少量的破碎现象,且平行于前刀面(图版 II 1b)。在切屑底部的滞流层中渗碳体呈颗粒分布在铁素体基体上。在滞流层的最下面(与刀面接触的区域存在有马氏体(图版 II 1c))。比较图版 II 1a-c,可以明显地看到滞流层中的渗碳体数量比切屑的中部和顶部少。

2. 球化处理后得到球状班光体组织

经球化处理后,40CrMo 和 T10 钢,其显微组织均为铁素体基体上分布着球状碳化物。但 40CrMo 碳化物数量较 T10 钢少。3[#]、4[#]、7[#]、8[#]试样在光学显微镜下观察,可以看到金属通过第一变形区时,碳化物都沿着刀尖转动(图版 I 5),到第二变形区时,碳化物的颗粒变小,数量也相对减少(图 I 6)。而基体在第一、第二变形区都发生大塑性变形,且后者比前者更严重。4[#]、8[#]试样碳化物数量、大小的变化比 3[#]、7[#]试样更为明显。

对 8[#]试样的二级复型在透射电镜下进行观察,可以清楚地看到切屑底部的渗碳体较切屑中间和顶部的量少,且颗粒小,分布较均匀。由于球化退火不彻底,还残存部分片状渗碳体,这部分渗碳体也像 5[#]、6[#]试样一样,产生破碎在切屑底部且球化(图版 II 2)。在滞流层的底部有极少量的马氏体存在(图 II c)。

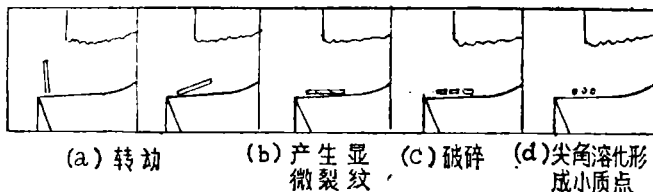
四、讨 论

在切削过程中所切除的金属的全部体积发生了塑性变形,形成了切屑,需要大量的能量^[1],而清耗在工件表面的能量只占很小一部分,大量的能量主要清耗在切屑的变形和流动过程中。能量的绝大部分转化为热量传到切屑,工具和工件,而大部分的热量是由切屑带走从而引起温度上升。从金属学角度而言当切屑温度超过金属的再结晶温度时,切屑形成过程可看作“微区热加工”过程^[2],即变形-形变硬化-回复-再结晶相继发生。即使在切削速度很低的情况下,局部部位也会发生上述过程。在较高的切削速度条件下,由于热效应加剧,使得切屑温度升得较高,在切屑滞流层的下部靠近前刀面的金属,其温度会超过奥氏体化温度,产生球光体向奥氏体转变,在随后的冷却中形成马氏体。

当 40CrMo、T10 钢完全退火处理而得到片状碳化物的组织时,金属通过第一变形区,在切削力的作用下,铁素体基体产生大塑性变形,而对于硬且脆的第二相碳化物,难以产生塑性变形,仅能在切应力的作用下,沿着刀尖转动,当应力超过其强度极限时,碳化物就产生显微裂纹继而裂纹扩大而破碎。在第二变形区,进一步受切应力作用,再加上切屑和前刀面发生摩擦,热效应加剧,温度上升,碳化物进一步破碎,且在尖角的地方产生溶解而形成球状碳化物。这种过程高速切削比低速更为明显,低速切削时,碳化物只有尖角部分产生少量

溶解, 在较高速切削时, 积屑瘤清失, 铁屑的底部形成滞流层; 这时为碳化物大量溶解提供了有利条件, 所以在滞流层中质点变小, 数量减少, 分布也均匀。综上所述, 可用示意图模型(图2)概括切削过程中, 片状碳化物的球化过程。

当 40CrMo、T10 钢经球化处理得到球状珠光体时, 碳化物呈粒状分布在铁素体基体上。这种球化处理后的材料, 在切削过程中, 金属通过第一、第二变形区时, 第二相碳化物仅发生转动, 极少发生破碎



现象。在切削速度较高情况下, 由于热效应加剧, 切屑温度升高, 在第二变形区, 碳化物也会发生部分溶解, 使得滞流层中碳化物的质点变小, 数量减少且分布均匀。因此, 在金属切削过程中, 同一种钢材, 球状珠光体组织和片状珠光体组织相比, 在第一、第二变形区所消耗的能量少, 故在切削过程中, 消耗的总能量也少, 因后者碳化物破碎的过程中需要消耗一定的能量。在相同切削条件下, 由于片状珠光体组织的材料在切削过程中消耗的能量多, 热效应也较为剧烈, 其切屑的温度也较高, 奥氏体化的区域较大, 从而得到马氏体量也较多。所以, 同一种材料, 在相近的硬度下, 球化组织的材料比片状组织的材料更易加工。特别对于高碳钢, 影响更为明显。

五、结 论

1. 切削过程中, 金属材料基体的变形是按形变-硬化-回复-再结晶-奥氏体化-马氏体转变的规律进行, 其产生的阶段是根据切削时热效应的大小而调整。

2. 片状结构硬而脆的第二相则是转动-显微裂纹-破碎-溶解-球化的过程, 即相当于热处理“球化处理”过程。

3. 同一种材料, 在相近硬度情况下, 片状的显微组织比球状的显微组织消耗的能量更多, 所以球化处理材料比片状组织材料有较佳的切削加工性。

致谢: 本文的电镜照片系南昌航空学院周资才同志帮助制备, 仅表谢忱。

参 考 文 献

- 〔1〕〔英〕E. M. 特伦特, 仇启源、徐弘山译, 金属切削, 机械工业出版社, (1980)。
- 〔2〕陈子文、Trent, D. M., 碳化物形态对40CrMo 钢加工性影响, 华侨大学学报(自然科学版), 2 (1986)。
- 〔3〕陈子文, 金属切削中切屑的金相组织变化, 华侨大学学报(自然科学版), 2 (1985)。
- 〔4〕韩克药, 金属材料可切削性与刀具, 江苏科学技术出版社, (1980)。
- 〔5〕Hankin, A. and Datsko, J., The Influence of Physical Properties on Machinability, *Journal of Engineering for Industry* 12 (1963), 321

- [6] Shelbourn, A. M., Roberts, W. I., and Trent, E. M., structures of Machined steel Chips, *Materials Science and Technology*, 1, (1885) 200.
- [7] Sorvice, R., Heat Treatment VS Machinability, *The Iron Age*, 11 (1965), 84.

Shape Change of Carbide in Steel During Machining

Wu Luoping Chen Ziwen

Wu Huiqin Cai Guangren

Abstract

For studying shape change of carbide in steel during machining the authors observe the microstructural changes of various chip samples in the first and second deformed areas by means of optical microscope and transmission electron microscope. It demonstrates once again that chip formation is nothing but hot procedure in microscale zone, while the carbide are being broken, dissolved and spheroidal annealed, with similar hardness, the spheroidal carbide structure consumes less energy than flaky carbide structure during steel machining.

Key words Carbide, hot working, spheroidizing, hardness

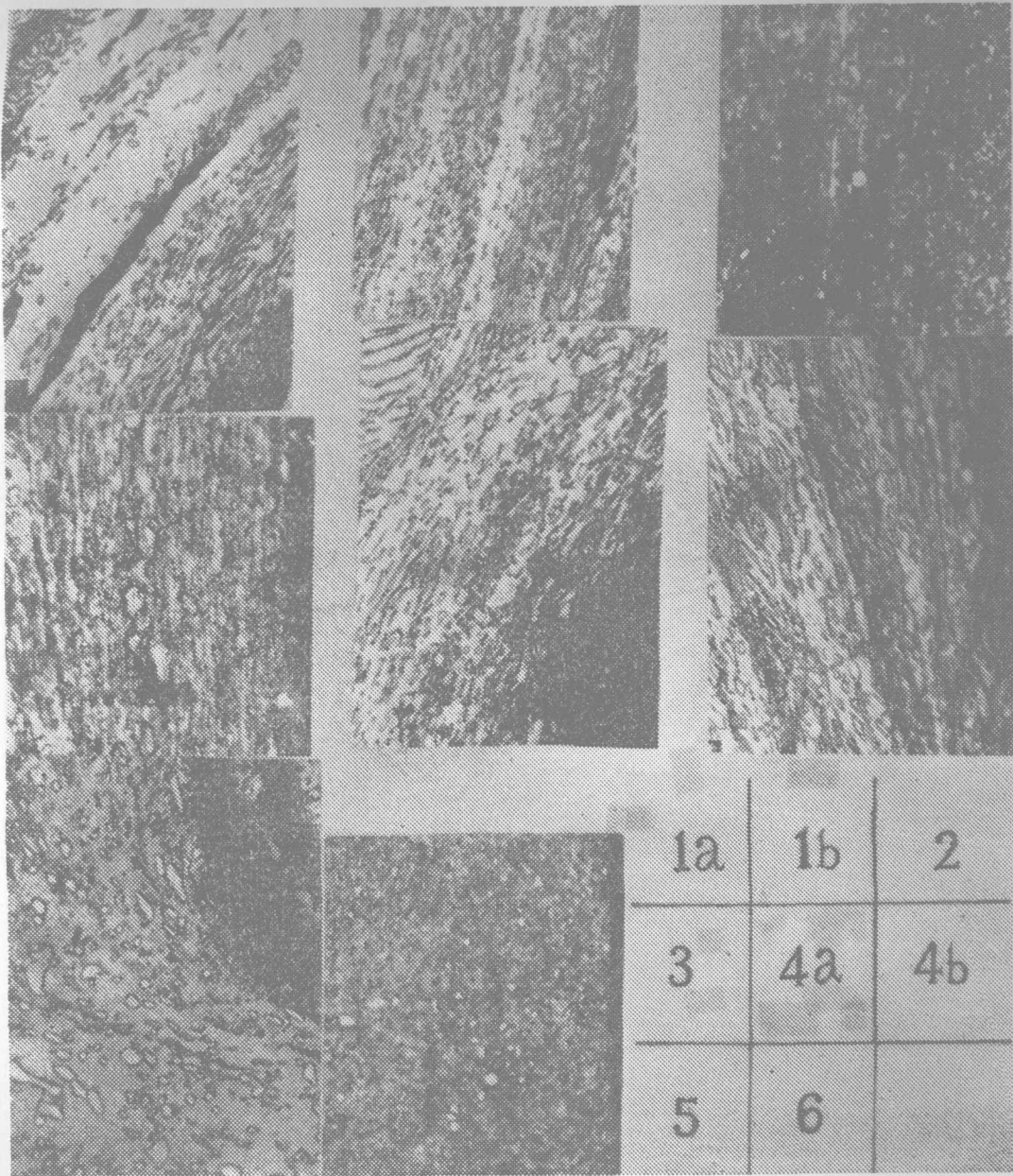


图 版 I 说 明

1—4. 为片状球光体切屑组织。其中：

1—40CrMo 钢, $v=15\text{m}/\text{min}$; $1250\times$

2—40CrMo 钢, $v=45\text{m}/\text{min}$; $1250\times$

3—T10钢, 滞流层, $v=46.5\text{m}/\text{min}$; $1000\times$

4—T10钢, $v=15.8\text{m}/\text{min}$; $1000\times$

5、6 为球化处理的T10钢切屑组织

5 $v=15\text{m}/\text{min}$; $1000\times$

6 $v=45\text{m}/\text{min}$; $1000\times$

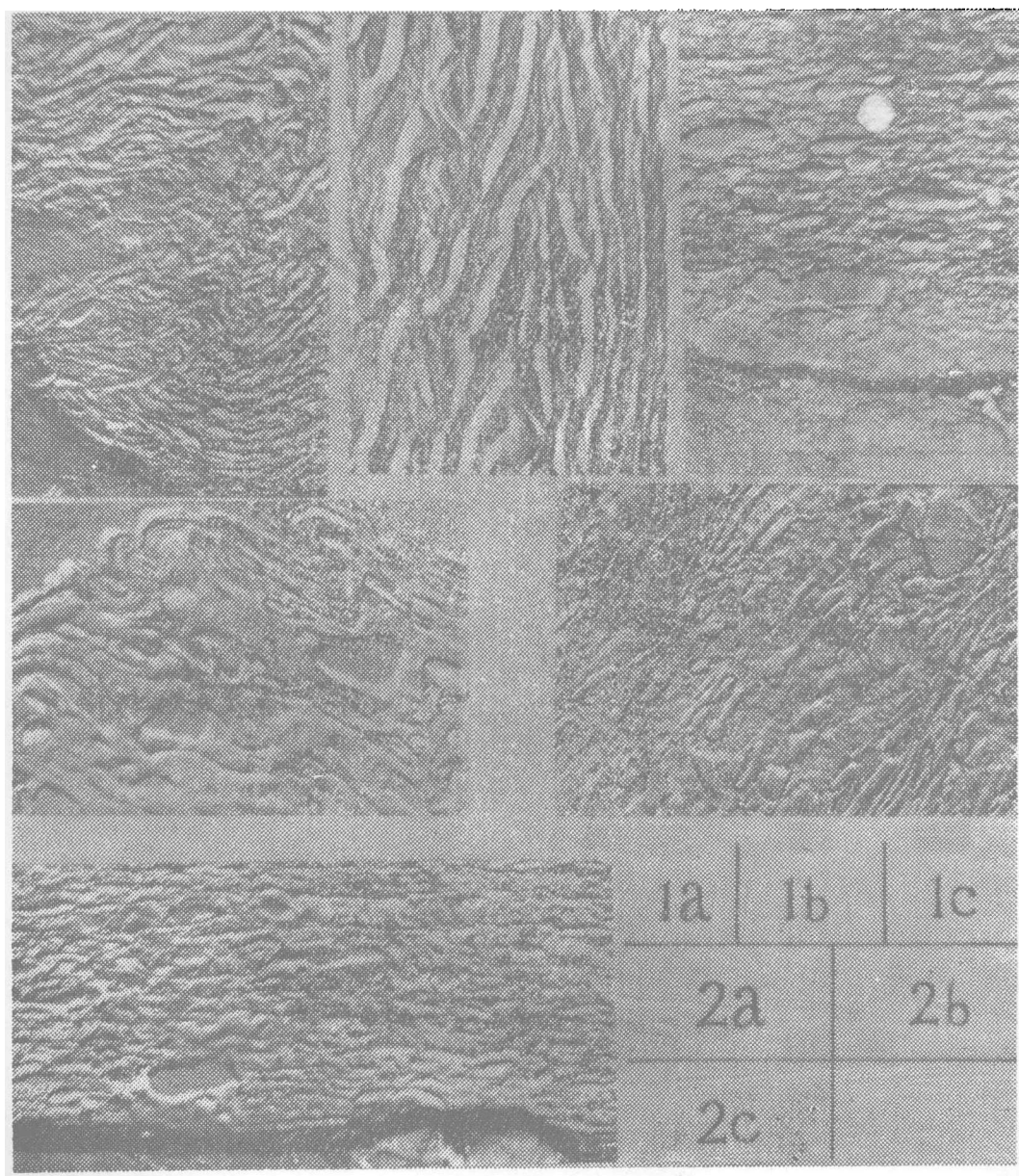


图 版 II 说 明

- 1. 片状球光体T10钢切屑组织 (TEM)
(a)一切屑上部; (b)一切屑中部; (c)一切屑底部;
- 2. 球状球光体T10钢切屑组织 (TEM)
(a)一切屑上部; (b)一切屑中部; (c)一切屑底部
- 3. 放大倍数均为 4600×