

超音波を用いた金型の硬さ低下非破壊評価技術

機能素材加工課 山岸英樹

1. はじめに

アルミダイカスト用などの耐熱金型には熱間工具鋼が広く用いられる。しかしながら、本材は使用(熱負荷)とともに硬さが低下し、最終的にヒートチェック等の欠陥が生じる。製品への影響を防ぐためには再熱処理や交換が必要となる。適切な金型運用にはその硬さを管理することが必要となるが、ショア硬さなど従来測定法では、誤差が大きいあるいは形状制限が強いなど実用上の問題を抱える。

本講演では、マルテンサイト機構により強化された金型の熱による硬さ低下を、超音波により簡便に非破壊測定可能とする特許技術¹⁾及びその弾性挙動原理²⁾を紹介する。

2. 実験方法及び実験結果

供試材にはSKD61(40×50×20 mm³)を用いた。大気中電気炉(873 K)でアニーリングし、途中断続的に取り出して室温において硬さ(HRC)と超音波測定(反射波法及び透過波法)を行った(Fig. 1)。実際の金型検査においては表面近傍を伝播する回折SH波のみを用いるが、本実験では硬さ低下に伴う材料の物性変化を把握するため併せて縦波及び横波音速の取得、さらにそれからヤングE率及び剛性率Gを算出した。

本材の硬さ低下に伴う回折SH波の伝播時間及び各弾性率の変化をそれぞれFig. 2(a)及び(b)に示す。伝播時間は硬さ低下とともに減少した。一方、弾性率は硬さ低下とともに増加した。HRC50.6から22.9まで軟化させると、ヤング率及び剛性率はそれぞれ約1.8%及び約1.9%増加した。一般に弾性率は硬さと異なり熱処理で変化しないと言われることが多いが、このようにわずかに、しかし確実に変化する。

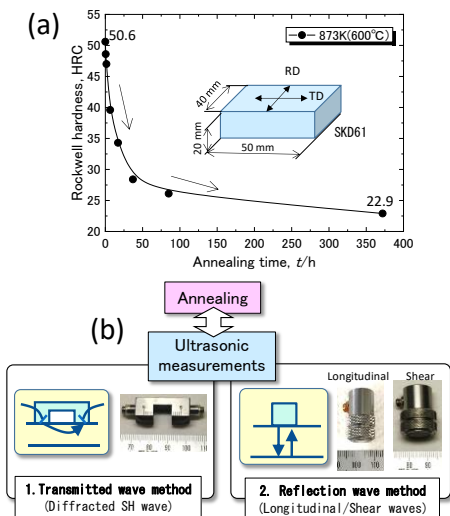


Fig. 1—(a) Rockwell hardness variation of SKD61 with annealing time (873 K). (b) Schematic diagram of the ultrasonic measurements using three types of probes.

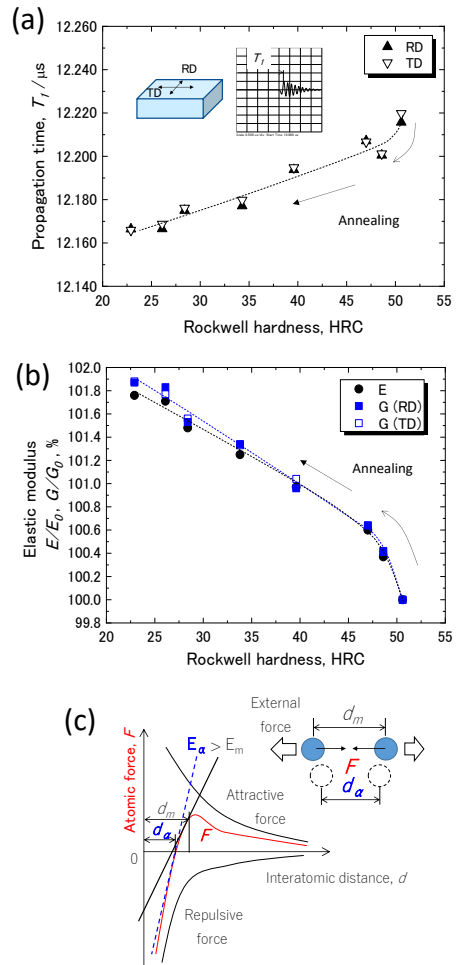


Fig. 2—Changes in ultrasonic properties with a decrease in the Rockwell hardness of SKD61: (a) Propagation time of the diffracted shear horizontal (SH) wave. (b) Rates of change in the Young's and shear moduli. (c) Changes in the elastic modulus according to the interatomic distance.

この要因はマルテンサイトからフェライトへの結晶構造変化(bct⇒bcc)による。すなわち、アニーリングに伴い炭化物が析出することで、Feの格子定数が減少、弾性率が増加することによる(Fig.2 (c): 弾性率は原子間力の原子間距離における一次微分)。従って、硬さ低下に伴い音速が増加する。音速が増加すると、スネルの法則により回折SH波が表面側に屈折し、このように伝播時間が短くなる(Fig. 2(a))。なお、硬さ低下の初期に非線形領域が見られるが、これは圧縮残留応力の急激な緩和によることが、残留応力の測定及び回折SH波の音弾性効果³⁾から明らかになっている²⁾。

回折SH波を用いた検量線法により、熱負荷に伴う金型の硬さ低下をその表面から簡便に非破壊評価できる¹⁾。

参考文献

- 1)山岸ほか: 特許第5272159号
- 2)H. Yamagishi: *Metall. Mater. Trans. A*, 52A (2021) pp. 2702-2707.
- 3)H. Yamagishi and M. Fukuhara: *Mater. Trans.*, 51 (2010) pp. 962-968.