

耐衝撃度に及ぼす NiP/Al 基板構造の影響

Effects of the Structure of NiP/Al Substrate on Shock Resistance

佐藤元治・林 秀高・吉川一男

(株)神戸製鋼所技術開発本部電子技術研究所, 神戸市西区高塚台 1-5-5 (〒651-22)

M. Sato, H. Hayashi, and K. Yoshikawa

Electronics Research Laboratory, Technical Development Group, Kobe Steel, Ltd.,
5-5 Takatsukadai 1-chome, Nishi-ku, Kobe, Hyogo 651-22

The effects of the structure of a conventional NiP/Al substrate on shock resistance were investigated. In this study, a 2.5-inch-type hard disk drive with a thin-film 70%-micro-slider head was used. The tested shock was supplied by a pendulum shock-testing machine with a half-sine shock pulse and a duration of 1.0 ms. We defined the shock resistance as the maximum acceleration in a shock for which head slap was not formed. The results showed that the shock resistance increased with increasing hardness of the Al alloy and thickness of the NiP underlayer.

Key words: 2.5-inch hard disk drive, recording media, head slap, NiP/Al substrate, Al alloy, NiP underlayer, shock resistance, pendulum shock-testing machine, shock-testing method, half-sine shock pulse

1. ま え が き

近年, 媒体性能の向上による記録密度の増大により, 磁気ディスク装置 (HDD) の小型/大容量化が進められている. このような状況下, 特に, 2.5 インチ以下の持ち運びが可能な小型 HDD では, ます耐衝撃性の向上が求められている.

通常, 磁気ディスク用基板としては, アルミニウム合金 (Al 合金) 基板上に $10\mu\text{m}$ 程度の NiP 無電解めっき膜が形成された NiP/Al 基板が使用されている. 一般に, 耐衝撃度とは, HDD の落下あるいは移動により生じた衝撃で, 磁気ヘッドが磁気ディスク表面に Head slap (磁気ヘッドのスライダの端部により, 磁気ディスク表面に形成される微小な凹凸) を形成しない最大の衝撃度を以って定義される. しかし, NiP/Al 基板を使用した場合には, 非動作時における耐衝撃度は $200\sim 250\text{ G}$ 程度しかなく, このため, 500 G 程度の耐衝撃度が要求される小型 HDD では, NiP/Al 基板に比べより高硬度なガラス基板が磁気ディスク用基板として採用されつつある¹⁾.

そこで, 今回は, 数十年来の信頼性を有する, Al 合金基板を用いた従来から使用されている NiP/Al 基板構造について, 耐衝撃度の向上を目的に Al 合金基板の硬度, NiP めっき膜の膜厚およびその他表面処理膜の膜厚, 硬度と耐衝撃度の関係につき検討した結果について報告する.

2. 実験方法

基板は, 2.5 インチタイプの Al 合金基板 ((株)神戸製鋼所製/合金名: KS5D86, ビッカース硬度 $H_v=68$, KS5R86 $H_v=80$, 7075 $H_v=180$) 上に形成された表面研磨後の NiP めっき

膜厚が $6\sim 50\mu\text{m}$ で, 全体の板厚が 0.635 mm と一定な NiP/Al 基板を用いた. なお, NiP めっき膜の硬度 H_v は 550 一定で, 表面粗度 R_a は $10\text{ \AA}$ とした. また, HDD は, 2.5 インチタイプの磁気ディスクが 1 枚搭載可能な 2.5 インチタイプのものを用いた. 磁気ヘッドは, アルチック製スライダを有する 70% のマイクロスライダを用いて, 非動作時を想定し, CSS ゾーンに停止するよう NiP/Al 基板同様に 2.5 インチ HDD にセットした. この際, サスペンションはインラインタイプで, バネ荷重は 5.0 gf のものを標準として用いた. 衝撃の印加は, 衝撃が HDD のスピンドルの軸方向に印加されるよう, Fig. 1 に示す振り子式衝撃試験機 (吉田精機(株)製 PST-300 型) の振り子に 2.5 インチ HDD を固定し, 振り子の角度を変えることにより衝撃度を変化し実施した. その際, 振り子の先端が衝突するパッドは作用時間が 1.0 ms のものを用い, 衝撃波形は正弦半波状とした. 評価は, 衝撃でスライダの端部により形成された Head slap を微分干渉型の光学顕微鏡により観察するとともに, 表面段差計により Head slap の凹凸量を測定することにより行った.

3. 実験結果および考察

3.1 Al 合金基板の硬度の影響

Fig. 2 には NiP めっき膜厚を $11\mu\text{m}$ 一定とし, Al 合金基板の硬度を変えて衝撃試験を実施した際の衝撃度と, 衝撃試験後の NiP/Al 基板表面に形成された Head slap の凹凸量との関係を示す. なお, ダウンタイプ, アップタイプの磁気ヘッドにより形成された Head slap の形態には差異が認められなかったため, 以下ではすべてダウンタイプの磁気ヘッドにより形成さ

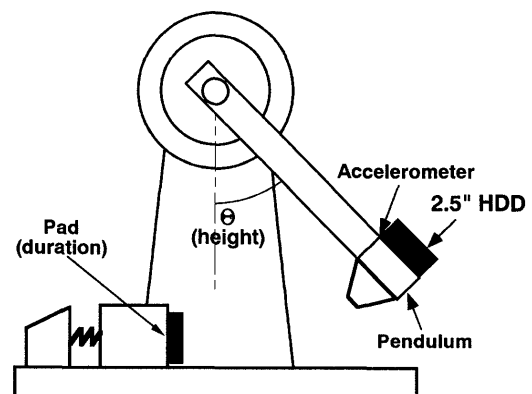


Fig. 1 Shock-testing method.

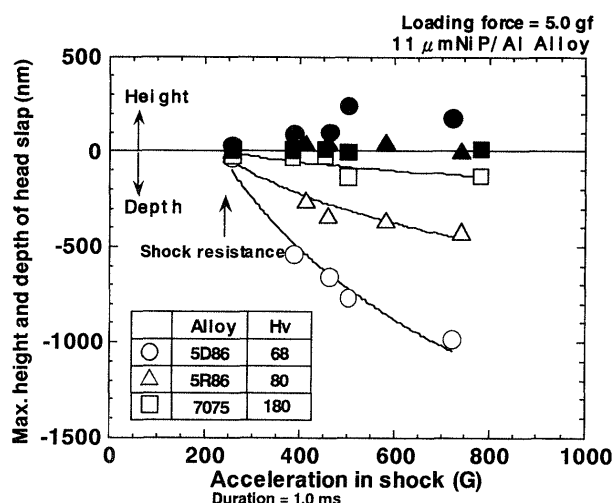


Fig. 2 Relation between the acceleration in a shock and the surface damage.

れた Head slap により評価した。また、Head slap は、スライダの端部四隅により形成されるが、今回は、すべて同一部位で発生した Head slap について最大の凹凸量を求めた。この場合、衝撃度を増加することにより、すべての場合において凹凸量は増加しているものの、Al 合金基板の硬度が高いほど同一衝撃度での凹凸量は減少している。なお、この場合、凸部の方がすべての場合において凹部に比べ小さい。ここで、縦軸で凹凸量がゼロを示す点が、それぞれ Al 合金基板を用いた場合の耐衝撃度に相当する。これら結果をもとに求めた、Al 合金基板の硬度と耐衝撃度の関係を Fig. 3 に示す。Al 合金基板の硬度 H_v を 68 から 180 に増加することで数十 G 程度増加している。なお、磁気ディスク用 Al 合金基板として得られる硬度は、熱的な安定性あるいは加工性を考慮した場合、 H_v で 100 程度が現状の上限であることを考えると、Al 合金基板の硬度を増加することによる、耐衝撃度の増加はごくわずかであると言える。このような耐衝撃度のわずかな増加が磁気ディスクの製造時、HDD への組み込み時あるいは実際の使用に際して、どの程度影響するものなのかについては現状では明らかではなく、今後の検討課題である。

3.2 NiP めっき膜厚の影響

Al 合金基板の硬度 H_v は 80 (KS5R86 基板使用) 一定とし、NiP めっき膜厚を変えて 3.1 項と同様に衝撃試験を実施した。衝撃度を 460 G 程度とした場合の各 NiP めっき膜厚での基板表面の光学顕微鏡像を Fig. 4 に示す。NiP めっき膜厚の増加により Head slap は小さくなり、31.5 μm NiP めっき膜ではほとんど見えない。また、衝撃度と Head slap の凹凸量の関係を Fig. 5 に示す。Fig. 4 で示したと同様、NiP めっき膜厚の増加とともに凹凸量は減少している。なお、この場合、Al 合金基板の硬度を変えた場合と同様に、凹部に比べ凸部側の形成が少ない。さらに、NiP めっき膜厚の増加とともに Head slap が形成されない衝撃度も高衝撃度側にシフトしている。以上の結果をまとめると Fig. 6 のような関係が得られる。NiP めっき膜厚の増加とともに耐衝撃度は増加し、NiP めっき膜厚が 40 μm 程度で 500 G 程度の耐衝撃度が得られている。このような現象は、次のようなメカニズムによるものと推定される。つまり、

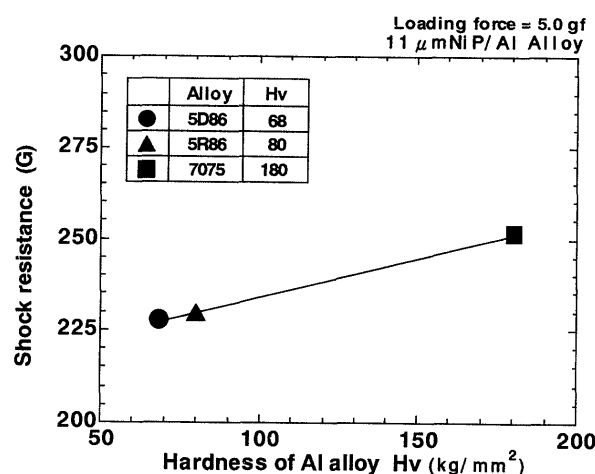


Fig. 3 Effect of the hardness of the Al alloy on the shock resistance.

NiP めっき膜厚が薄い場合、NiP めっき膜に比べ Al 合金基板の硬度は非常に低いため、衝撃は Al 合金基板まで達し Al 合金基板そのものが塑性変形する。しかし、NiP めっき膜厚が厚い場合、NiP めっき膜がバルクのように作用し衝撃が Al 合金基板に達しないため Al 合金基板は塑性変形しにくくなる。よって、NiP めっき膜厚が厚い場合、凹凸は発生しにくくなり耐衝撃度が高まるものと考えられる。

これまでは、サスペンションのバネ荷重は 5.0 gf とし NiP めっき膜厚を変えて耐衝撃度を求めた。Fig. 7 に、NiP めっき膜厚と耐衝撃度の関係を示す。なお、5.0 gf の場合についても併記する。耐衝撃度は、5.0 gf の場合に得られた値以上に増加し、NiP めっき膜厚 50 μm 程度では 1000 G 以上の耐衝撃度が得られている。一般に、バネ荷重は、記録密度の向上とともにヘッドサイズが小さくなると同様に低荷重化している。しかし、これまでの使用実績から、今後も 2.5 インチ HDD で Al 合金基板が採用されるとした場合、今以上の耐衝撃度の増加を目指すためには、バネ荷重の増加も考慮していく必要があるものと考えられる。なお、高バネ荷重で耐衝撃度が増加するメカニズムについては、次のように推定される。HDD に衝撃が印加されると衝撃によりサスペンションに固定したスライダが跳躍し、この反発力により磁気ディスク表面にスライダが衝突し、その端部により Head slap が形成される^{1), 2)}。この際、サスペンションのバネ荷重が大きくなることで跳躍はより高い衝撃度まで生じなくなり、結果として、耐衝撃度が高まるものと考えられる。

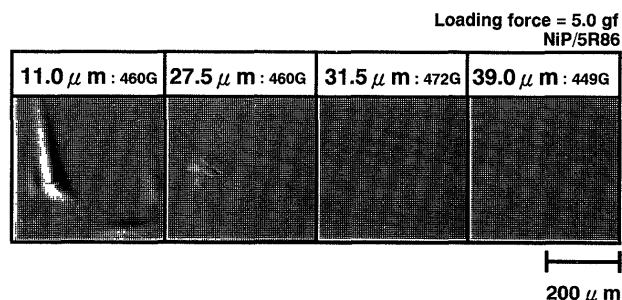


Fig. 4 Head slap of on NiP/Al substrate.

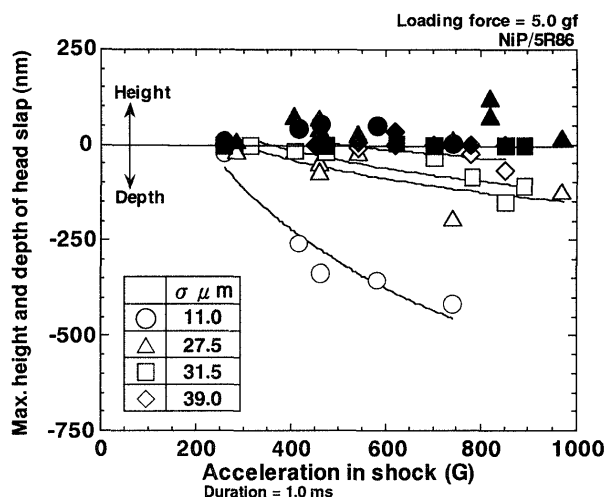


Fig. 5 Relation between the acceleration in a shock and the surface damage.

3.3 表面処理膜の硬度、膜厚と耐衝撃度の関係

通常使用される NiP めっき膜は、熱処理により高硬度化が可能である。しかし、同時に帯磁するため、今回は、硬度の増加のみに注目した。また、NiCuP めっき膜は、熱処理により高硬度化が図れ、同時に Cu が多量に混入するため熱処理後も非磁性を保つ³⁾。今回は、より高硬度化した表面処理膜の硬度および膜厚の影響を見るため、Al 合金基板を母材とし、このような各種表面処理膜を形成した基板について衝撃試験を実施した。なお、Al 合金基板は、 $H_v=80$ (KS5R86 基板使用) のものを用い、サスペンションのバネ荷重は 5.0 gf とした。表面処理膜の膜厚、硬度と耐衝撃度の関係を Fig. 8 に示す (各印横の数値は、耐衝撃度)。この場合、NiP めっき膜厚を変えた場合 (●印) の結果についても同図中に併記する。Fig. 8 から、10 μm 程度の表面処理膜が形成された場合にも、より高硬度な表面処理膜を用いることにより耐衝撃度の増加が図れることが明らかである。

以上から、耐衝撃度を向上させる方法として、現状の NiP めっき膜を用いる場合には、NiP めっき膜の厚膜化が有効であること。また、NiP めっき膜に代わるより高硬度な表面処理膜の使用が有効であることが明らかになった。

4. む す び

耐衝撃度の向上を目的に、NiP/Al 基板構造でアルミニウム合金基板の硬度、NiP めっき膜の膜厚および他の表面処理膜の膜厚、硬度と耐衝撃度の関係を調査した結果、次のようなことが明らかとなった。

(1) アルミニウム合金基板の硬度を高めることにより、耐衝撃度の向上が可能である。11 μm NiP/Al 基板構造で、アルミニウム合金基板の硬度 H_v を 68 から 180 に変えることにより、耐衝撃度は 225 G から 250 G に増加した。

(2) NiP めっき膜の厚膜化により、耐衝撃度の向上が可能である。また、NiP めっき膜に代わる高硬度な表面処理膜を形成することにより、同一耐衝撃度を得るために表面処理膜の薄膜化が可能である。NiP/Al 基板構造で、NiP めっき膜厚を 6 μm から 39 μm に厚膜化することにより、耐衝撃度は 215 G から

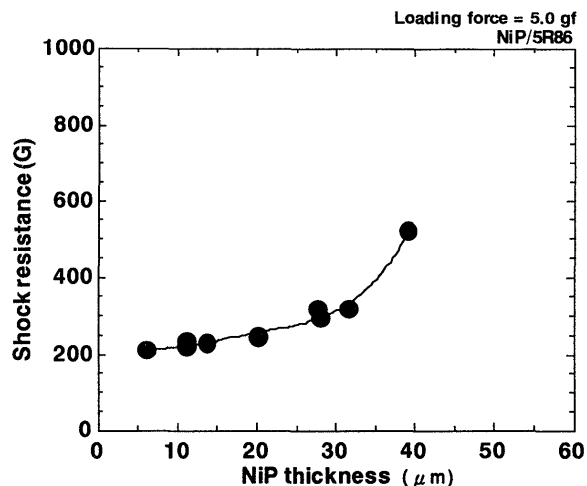


Fig. 6 Effect of the NiP thickness on the shock resistance.

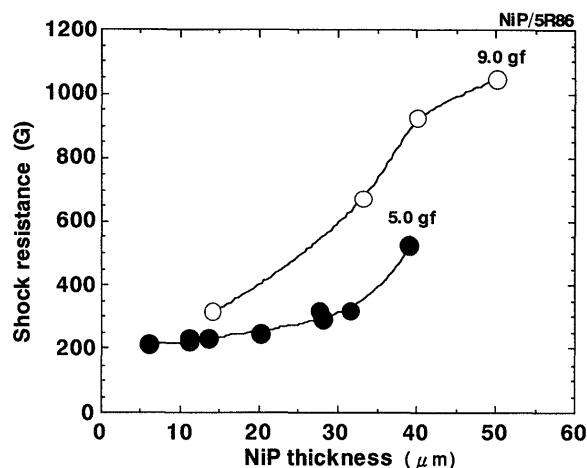


Fig. 7 Effect of the loading force on the shock resistance.

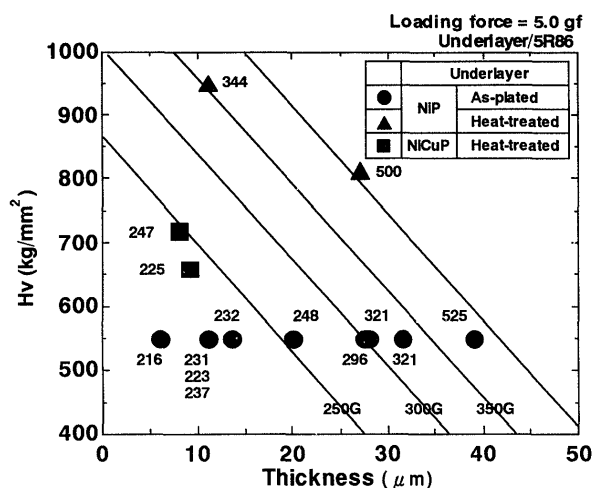


Fig. 8 Effects of the thickness and hardness of the underlayer on the shock resistance.

525 G に増加した。

(3) サスペンションのバネ荷重を高めることでも耐衝撃度の向上が可能である。40 μm NiP/Al 基板構造で、サスペンションのバネ荷重を 5.0 gf から 9.0 gf に変えることにより、耐衝撃度は 525 G から 900 G に増加した。

謝 辞 NiP 無電解めっきおよび研磨をして頂いた東洋鋼鋳
(株)富永副長, 小池所長ならびに河村主席研究員に感謝致しま
す。また, NiP/Al 基板の作製に協力頂いた当社真岡製造所の
藤本主研, 林係員, 渡辺班長および評価に協力頂いた開発業務
部の林サプリーダー, 山田係員ならびに山内職長に感謝致しま
す。

文 献

- 1) 石丸直彦, 松下恵造: 日本機械学会論文誌 (C 編), **60**, 2589 (1994).
- 2) T. Kouhei, T. Yamada, Y. Kuroba, and K. Aruga: *IEEE Trans. Magn.*, **31**, 3006 (1995).
- 3) 佐藤元治, 吉川一男: 日本応用磁気学会誌, **20**, 69 (1996).

1996 年 10 月 11 日受理, 1996 年 12 月 3 日採録