

技術資料

Technical Data

新しいプレハードン樹脂金型用鋼「RPD728」「RPD749」

伊吹基宏*¹, 井上幸一郎*²

New Pre-Hardened Plastic Mould Steels “RPD728” and “RPD749”

Motohiro Ibuki and Koichiro Inoue

Synopsis

New mould steels “RPD728” and “RPD749” are developed for plastic injection moulds. These steels are 40 HRC pre-hardened steel and available to use without heat treatment. “RPD728” has superior properties, mirror polishing, toughness and corrosion resistance in comparison to conventional steel “NAK80”. “RPD728” is suitable for the mould which is required mirror polish surface.

“RPD749” is reduced the cost by decreasing amount of rare metals and cutting remelting process. Therefore, moulds production cost is saved by use of “RPD749”. Moreover “RPD749” has high thermal conductivity. Thus cooling time of solidification of plastic products is able to reduce. Then productivity of plastic injection is improved.

1. 背景

樹脂成型の金型用鋼はその使用硬度と使用方法から焼入・焼戻し鋼とプレハードン鋼に分類することができる。焼入・焼戻し鋼は軟らかい焼きなまし状態で納入され、機械加工などで粗加工後に熱処理により硬度を付与し、精加工をおこなって使用される金型用鋼である。一方、プレハードン鋼は鋼材メーカーで所定の硬度に調質されてから納入されるため、焼入・焼戻し鋼に比べて熱処理をする必要がなく、金型納期の短縮をはかることができる。プレハードン鋼は硬度の違いによって 30 HRC 級と 40 HRC 級がある。30 HRC 級には AISI 規格の P20 改良鋼が使用され、40 HRC 級のプレハードン鋼としては析出硬化鋼の NAK80 が国内をはじめとして、海外でも広く用いられている。NAK80 は特殊溶解材のため、安定した鏡面磨きの品質が得られ、かつ被削性にも極めて優れている。一方、高い被削性が得られることと相反する特性として靱性が低いという問題がある。これまで

40 HRC 級の樹脂型として広く使用されてきた NAK80 であるが、近年の切削技術の進歩により、被削性よりも成型時の金型の割れリスクを重視するような考え方が出てきた。またウエルドレス成形¹⁾など、今までとは異なる鋼材の性能を要求する成形方法の拡大、資源問題や環境意識の高まりから希少金属元素の使用量を低減した鋼材が求められるなど、多様なニーズが出てきたことから 40 HRC 級のプレハードン鋼として、NAK80 では十分に対応できない場合も散見されるようになってきた。これを背景として「RPD728」と「RPD749」という 2 種類の 40 HRC 級プレハードン樹脂金型用鋼を新規に開発したので以下にその諸特性を紹介する。

2. 高性能樹脂金型用鋼 RPD728

2. 1 開発コンセプトと特徴

RPD728 は NAK80 の特殊溶解材という特徴はそのままに更なる高性能化を図った鋼材である。RPD728 の

2010 年 4 月 8 日受付

*1 大同特殊鋼(株)研究開発本部 (Daido Corporate Research & Development Center, Daido Steel Co., Ltd.)

*2 大同特殊鋼(株)研究開発本部, 工博 (Dr., Eng., Daido Corporate Research & Development Center, Daido Steel Co., Ltd.)

NAK80 との特性比較を Table 1 に示す。RPD728 の特徴は鏡面磨き性を改善していることである。一般に鏡面磨き性は鏡面磨き後の表面に発生するピンホールの量と最大面粗さで評価されてきたが、近年では、液晶テレビなどの家電製品などで射出成形ままの肌が塗装されずに筐体を使用されることもあり、射出成形ままの肌で高い意匠性を要求される。高鏡面が要求される金型ではピンホールと最大面粗さに加え、面のうねりも問題となっており、RPD728 ではうねりの発生を低減させることで鏡面磨き性の改善を図っている。このため転写性の高いプラスチックを使用した製品の表面品質向上が期待できる。また、衝撃値と耐食性が改善されていることから、金型の欠けや発錆など樹脂製品成形中のトラブルの低減が期待される。

Table 1. Comparison of properties with RPD728 and NAK80.

Properties		Results
Polishing		◎
Charpy impact value		◎
Corrosion resistance		◎
Machinability	drill	△
	end mill	◎

◎ : superior to NAK80

△ : inferior to NAK80

2. 2 RPD728の諸特性

2. 2. 1 鏡面磨き性

平滑な表面を持った樹脂製品を得るために、樹脂成型金型はしばしば鏡面に仕上げられる。このため鏡面磨き性は樹脂成型金型用鋼における重要な特性である。Fig.1 は鏡面磨き後にうねりの発生した金型の表面を微分干渉計つきの顕微鏡で凹凸を強調して撮影した写真である。微分干渉法では観察試料の微細な凹凸がコントラストになって見ることができ、写真の水平方向に縞状にうねりが観察される。Fig.2 は Fig.1 と同じ部位の金型用鋼に含まれるマンガン（以下、Mn）の分布を EPMA (Electron Probe Micro Analyzer) により分析した結果である。Fig.1 に見られるうねりは Fig.2 の Mn の分布と良く一致しており、その他の元素の分布も同様の傾向があった。このことから鏡面磨き後に見られる金型表面のうねりは、金型用鋼のわずかな成分偏析に伴う微小な硬度のばらつきによって研磨砥粒による研削量が変化するために生じるものと考えられる。このよううねりの発生を

抑制するため、RPD728 では鍛造工程や均質化熱処理条件を最適化した工程を適用した。Fig.3 に製造工程の最適化によるうねりの発生の違いを示す。同じ金型用鋼、同じ鏡面磨きの条件でも製造工程によってうねりの発生に大きく差が認められる。工程最適化をしていない試験片ではあばた状のうねりが観察されるのに対して、工程最適化をおこなった試験片では一様な面が得られている。RPD728 は工程を最適化することによって大幅にうねりが低減でき、NAK80 より高品位で安定した鏡面磨き性が得られる。

鏡面磨き性の一つの指標として反射率は目視による金型検査の傾向と良く一致することが報告されている²⁾。Fig.4 は鏡面磨き後の試験片の反射率を RPD728 と NAK80 で調査した結果である。RPD728 は NAK80 に比べて高い値を示しており、このことから RPD728 は高い鏡面磨き性を有していることがわかる。

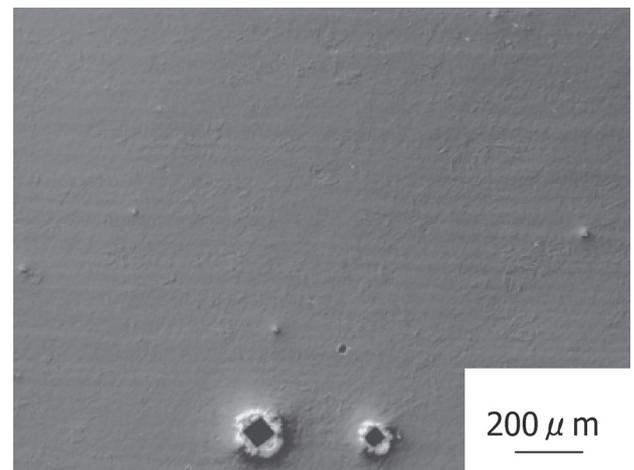


Fig.1. Undulation on polishing surface of NAK80.

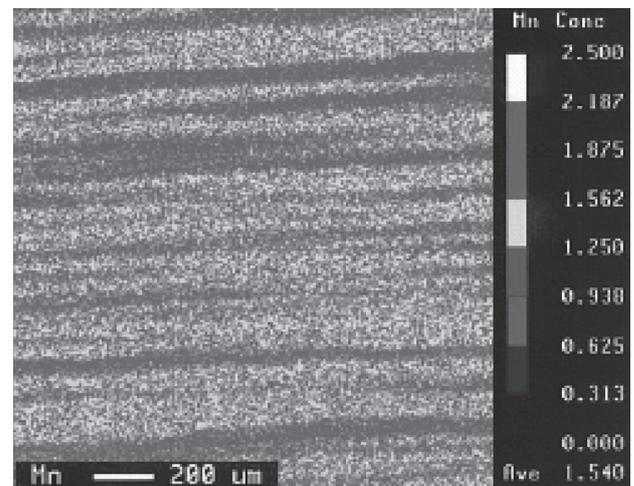


Fig.2. Manganese distribution of undulation surface in NAK80.

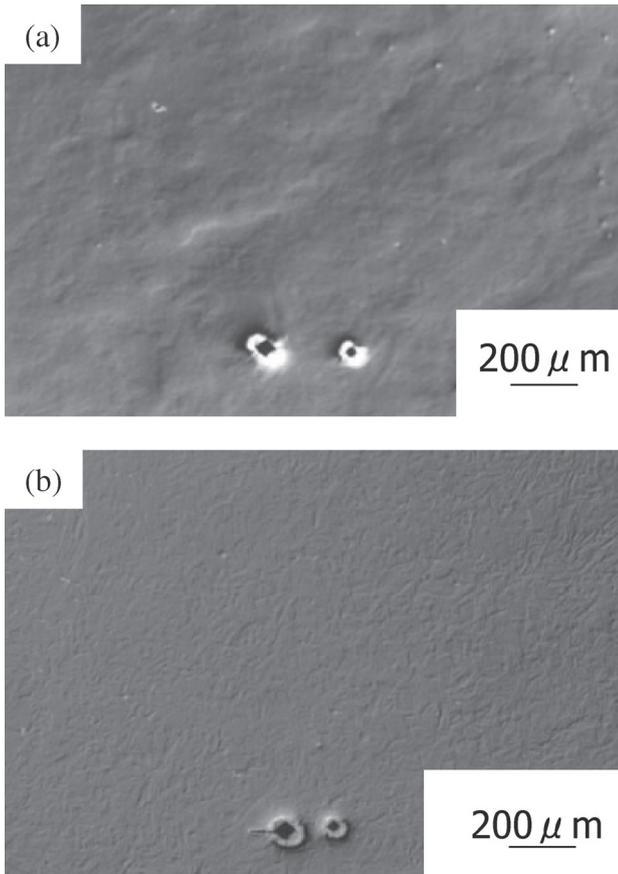


Fig.3. Comparison of polishing surface with (a) conventional process and (b) improved process.

2. 2. 2 衝撃値

衝撃値は割れや欠けに対する抵抗の指標であり、衝撃値が高いことは金型使用中の大割れリスクが小さく、信頼性が高い金型用鋼であることを示す。Fig.5にNAK80とRPD728の衝撃値を示す。RPD728はNAK80対比で約2倍の衝撃値を示すことから、割れや欠けが発生しにくい信頼性の高い金型用鋼といえる。

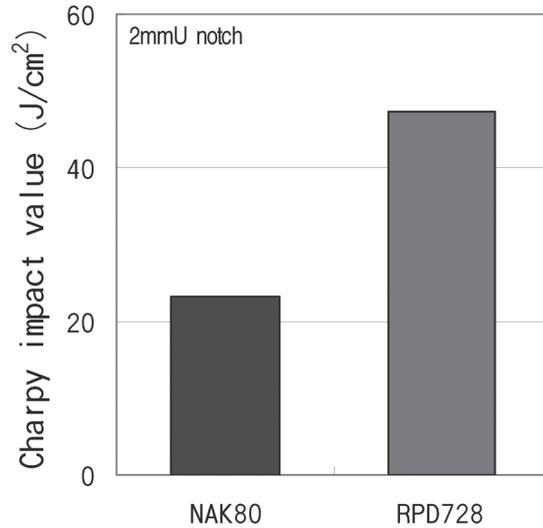


Fig.5. Charpy impact value of RPD728 and NAK80.

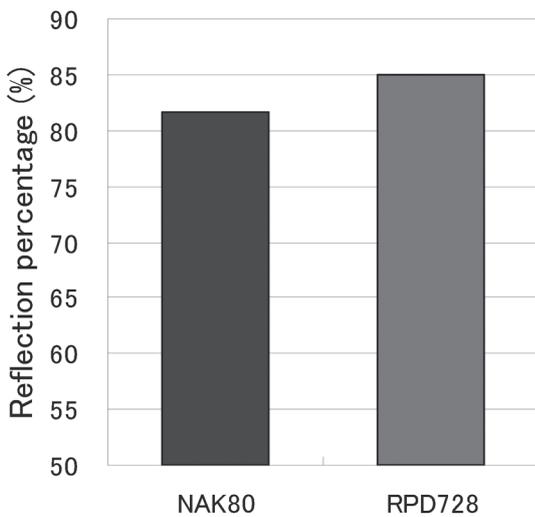


Fig.4. Reflectivity of RPD728 and NAK80.

2. 2. 3 耐食性

Fig.6は湿度98%温度50℃の湿潤環境下での5hの耐食性試験後の試験片の外観である。金型加工や保管時などに空気中の水分によって錆が発生する様子をより厳しい環境で再現した試験である。RPD728は耐食性を向上させるCrを添加したことによってNAK80よりも錆の発生が少なく、耐食性に優れている。

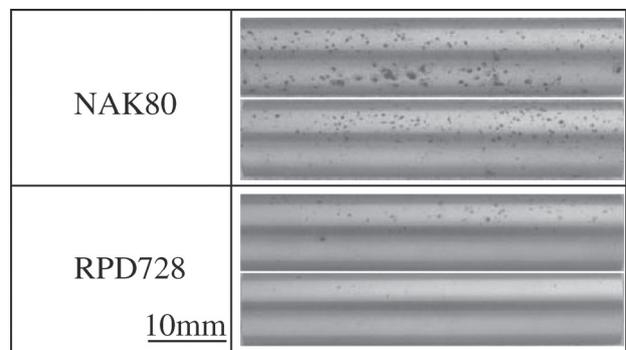


Fig.6. Appearance of specimen after the corrosion test.

2. 2. 4 被削性

Fig.7 にハイスドリル被削性を示す。各切削速度において溶損または折損により寿命に至るまでの切削距離を調査した。全ての切削速度で RPD728 は NAK80 に比べて工具寿命に至るまでの切削距離が長く、わずかにハイスドリル被削性が低下している。これは NAK80 対比で大幅に衝撃値を向上させた影響であると考えられる。Fig.8 に TiAlN コーティングの超硬ドリルによる被削性を示す。切削距離に対しての工具摩耗量を調査した。RPD728 と NAK80 の摩耗量はほぼ同じであり、超硬ドリルを使用して加工する場合には NAK80 と同様に加工することができる。Fig.9 に超硬ボールエンドミルの切

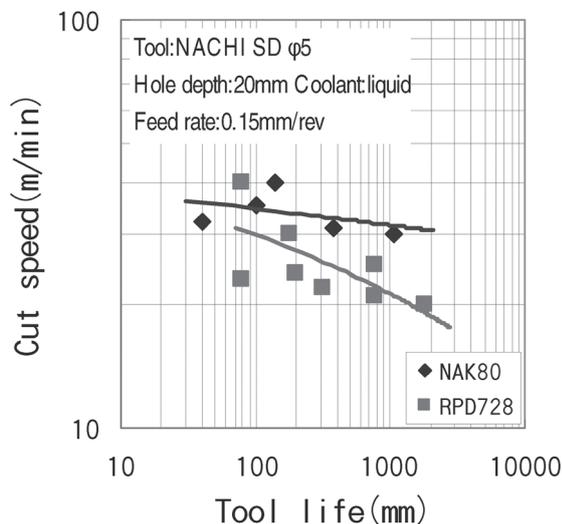


Fig.7. Relationship between tool life and cut speed.

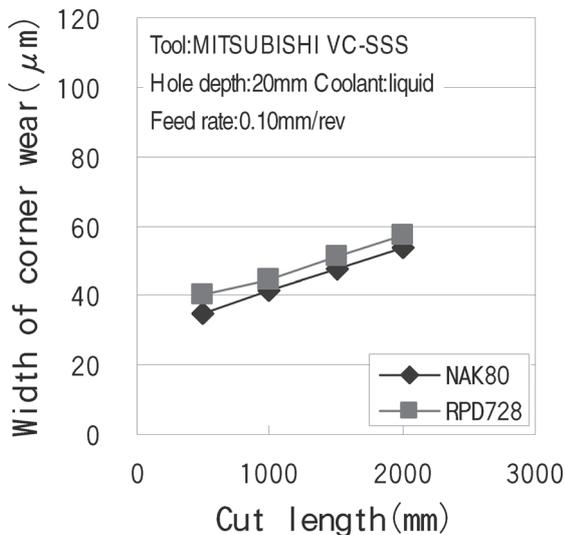


Fig.8. Tool wear curves in drill test.

削距離と工具摩耗量の関係を示す。エンドミル被削性は NAK80 対比で良い結果が得られており、全ての切削距離で RPD728 を切削した工具の摩耗量が NAK80 を切削した工具の摩耗量に比べて約 10 ~ 15 μm 小さい。

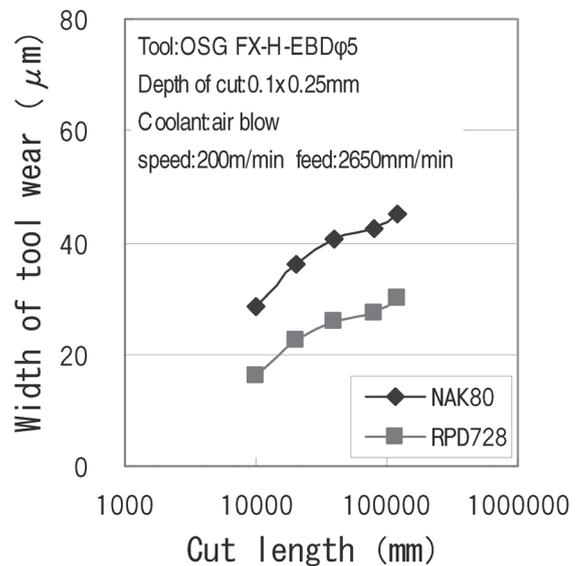


Fig.9. Tool wear curves in milling test.

3. 省資源樹脂金型用鋼 RPD749

3. 1 開発コンセプトと特徴

NAK80 はニッケル (以下, Ni) とアルミニウム (以下, Al) の化合物と銅 (以下, Cu) の析出硬化で硬さを得ているため、希少元素である Ni, Cu が多量に含有され、かつ特殊溶解材であるためどうしても高価な金型材料となってしまう。析出硬化鋼の特徴は被削性に優れることであるが、超硬コーティング工具の高性能化などから従来は切削が困難であった 40 HRC 級のプリハードン鋼の切削も比較的容易になってきている。このため、あまり高い品質が要求されない場合には NAK80 では過剰性能であることもしばしば見受けられる。このような背景から希少金属元素を多く含まない SCM 系の鋼材であり、通常溶解で製造した RPD749 を開発した。RPD749 と NAK80 の特性比較を Table 2 に示す。RPD749 は Ni の低減と通常溶解というコストメリットの他に衝撃値に優れるという特徴を持つ。また希少金属元素を低減していることから熱伝導率が向上しており、樹脂製品の固化のための冷却時間が短くなり、生産性の向上することも期待できる。

Table 2. Properties of RPD749.

Properties		Results
Thermal conductivity		◎
Charpy impact value		◎
Polishing		△
Machinability	drill	△
	end mill	○

◎ : superior to NAK80
 ○ : same as NAK80
 △ : inferior to NAK80

3. 2 RPD749の諸特性

3. 2. 1 衝撃値

Fig.10にRPD749の衝撃値を示す。NAK80対比で約3倍の衝撃値を示す。これはNAK80が被削性を重視した析出硬化鋼であるのに対してRPD749はSCM系の鋼種であるためと考えられる。RPD749は衝撃値を重視した鋼種といえる。

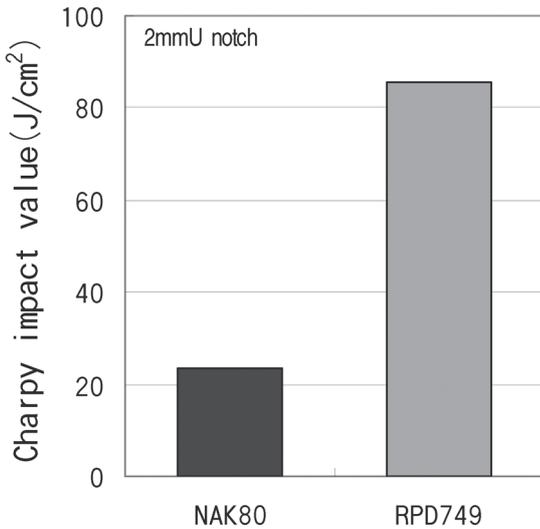


Fig.10. Charpy impact value RPD749 and NAK80.

3. 2. 2 熱伝導率

射出成形に使用される金型の一番の役割は樹脂に製品形状を与えることであるが、同時に樹脂を固化するための冷却器として機能している。このため金型材の熱特性は製品の生産性にも影響する重要な特性と考えられる。Fig.11にRPD749とNAK80の熱伝導率を示す。RPD749は、試験温度にかかわらずほぼ一定の値である。

一方NAK80は試験温度が上昇するに従って熱伝導率が上昇しているため高温で熱伝導率の差が小さくなっているが全温度範囲でRPD749がNAK80に対して熱伝導率に優れており、冷却時間の短縮が期待できる。そこで射出成形による樹脂製品の成形サイクルを模擬して以下のような実験をおこなった。試験片は外径60mmで内径15mmの筒状であり、内径15mmに冷却水を25l/minで流して常時冷却した。この試験片の表面を高周波コイルにより250℃まで加熱し、その後70℃まで冷却するのにかけた冷却時間を測定した。Fig.12にRPD749とNAK80の冷却時間を示す。NAK80に対してRPD749の冷却時間は約4s短縮された。樹脂の成形金型は数十万ショット以上使用されるものも多くあり、累積での生産性向上はかなり大きな効果が期待できる。

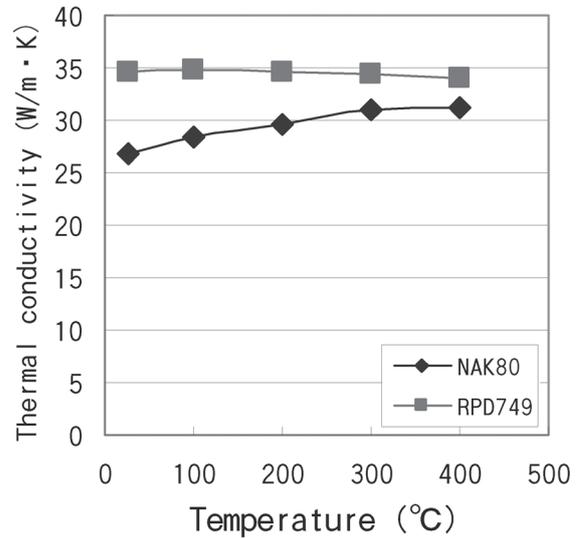


Fig.11. Change in thermal conductivity of temperature.

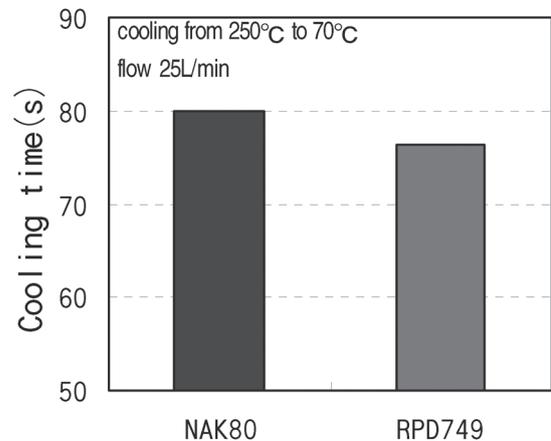


Fig.12. Comparison of cooling time from 250 °C to 70 °C with RPD749 and NAK80.

3. 2. 3 鏡面磨き性

Fig.13 に鏡面磨き後の試験片の反射率を示す。RPD749 は NAK80 に比べて小さい値を示しており、鏡面磨き性に劣る。このため、転写性の高い樹脂製品や塗装レスの製品など高い表面品質を要求される金型には向かないが、75%を超える反射率の値が示すように鏡面磨き後の試験片は光沢な表面であり、内装部品やシボ加工をおこなう金型については十分適用可能と考えられる。

3. 2. 4 被削性

Fig.14 にコーティングなしのハイスドリルによる被削性を示す。各切削速度に対して溶損または折損により寿命に至るまでの切削距離を調査した。全ての切削速度

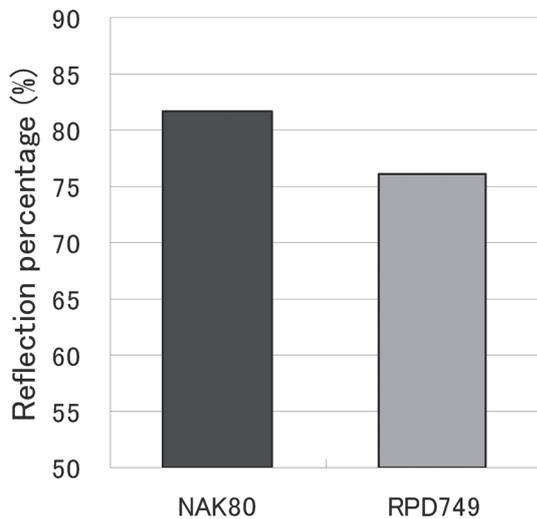


Fig.13. Reflectivity of RPD749 and NAK80.

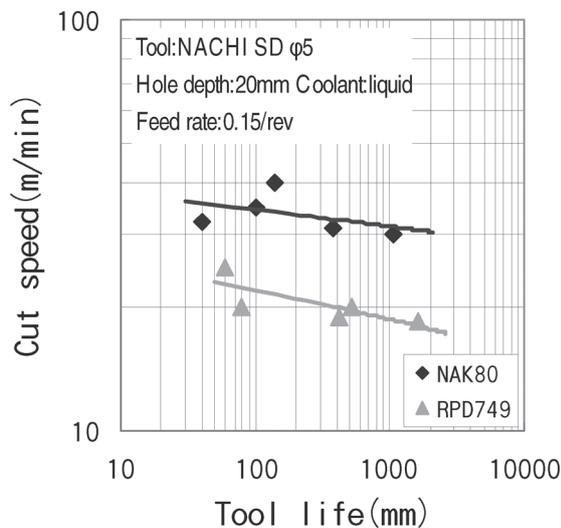


Fig.14. Relationship tool life and cut speed.

に対して RPD749 は NAK80 に対して切削距離が短くなる。Fig.15 に TiAlN コーティングの超硬ドリルでの切削距離と工具摩耗量の関係を示す。切削距離 500 mm での RPD749 と NAK80 の工具摩耗量の差は約 8 μm とわずかであるが、切削距離が進むにつれてその差は大きくなり、切削距離 2000 mm での工具摩耗量の差は約 24 μm となる。Fig.16 に超硬ボールエンドミルによる被削性を示す。切削距離に対しての工具摩耗量を調査した。摩耗量の曲線は RPD749 も NAK80 も共に単調に増加しており、工具のチッピングは観察されない。摩耗量についても RPD749 と NAK80 はほぼ同等の値を示しており、同等のエンドミル被削性を有しているといえる。

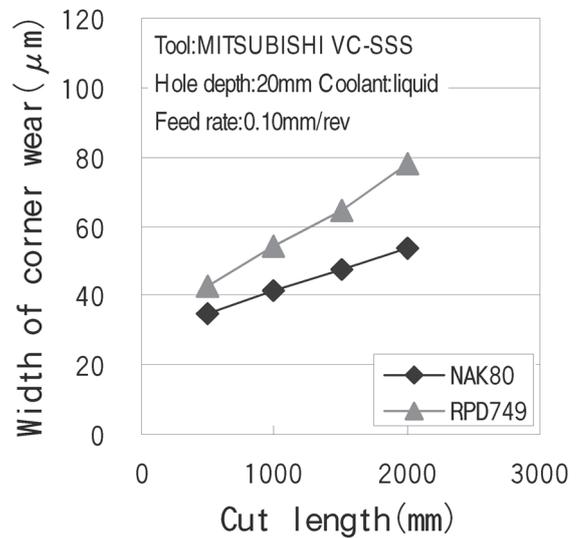


Fig.15. Tool wear curves in drill test.

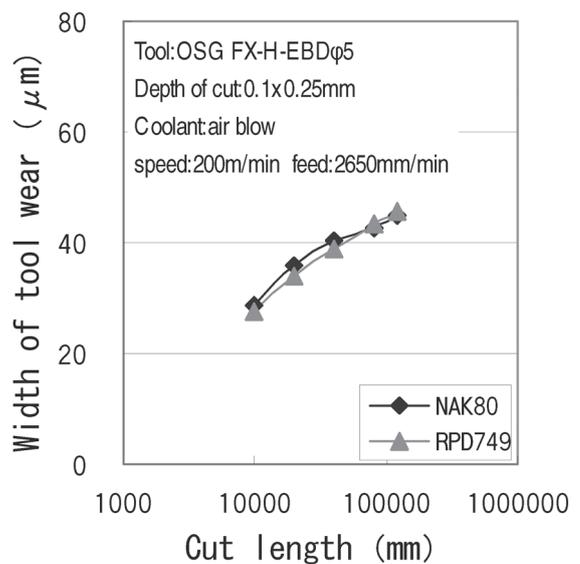


Fig.16. Tool wear curves in milling test.

4. まとめ

樹脂成形の多様化に対応すべく 40 HRC 級プリハードン樹脂成形金型「RPD728」と「RPD749」を開発した。

- (1) RPD728は鏡面磨き性に優れ、特にうねりの発生を低減している。このため転写性の高い樹脂を成形する場合や高い表面品質が要求される金型に適している。
- (2) RPD728は衝撃値と耐食性に優れることから、樹脂製品成形中の金型の欠けや発錆などのトラブルの低減が期待できる。
- (3) RPD749は希少金属低減と通常溶解の採用により、製造コストを低減し、コストパフォーマンスを向上した鋼種である。
- (4) RPD749は熱伝導率に優れ、樹脂製品の固化のための冷却時間を短縮できることから、樹脂製品の生産性の向上が期待できる。

(文献)

- 1) 山下部保秀: 素形材, 46(2005), 10, 43.
- 2) 清水崇行, 藤井利光: 電気製鋼, 74(2003), 125.