

プラスチックレンズ材の磁気研磨

Magnetic Finishing for Raw Materials of Plastic Lens

安齋 正博*・川島 悦哉*・大滝 久規**・
綾部 由紀**・中川 威雄***

Masahiro ANZAI, Etsuya KAWASHIMA, Hisanori OTAKI, Yoshinori AYABE and Takeo NAKAGAWA

1. はじめに

眼鏡は年間約4000万セット製造され、その内の約一割が乱視用などの特注品であると言われている。また、最近では眼鏡用レンズの素材として従来のガラスからプラスチックレンズへの需要が増加している。現状でのプラスチックレンズの製造工程を図1に示す。生地出したレンズ素材を長時間かけて磨き込んで製造している。通常の球面レンズではリセス皿にパッドを付け、研磨材を添加したパッドを回転運動させて、数種の研磨材を使用してレンズを仕上げる。一方、特注（主に乱視用）のレンズは曲率の異なる非球面レンズであるため、図のような往復運動によって仕上げる。これらの製造工程には長時間を要し、そのため特注品では注文してから一週間以

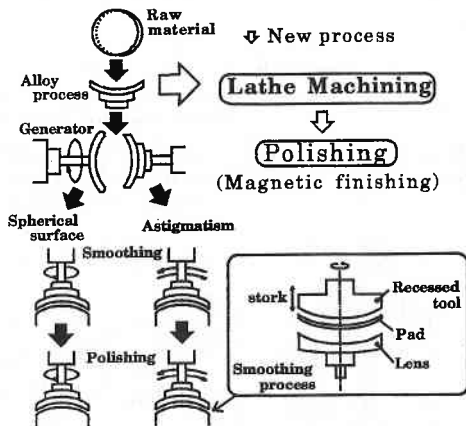


Fig. 1 Actual manufacturing process for plastic lens and new process using magnetic finishing

*東京大学生産技術研究所 第2部

**日本大学生産工学部

***東京大学生産技術研究所 付属先端素材開発研究センター

上かき非常に都合が悪い。最近、この製造工程の短縮化をねらってCNC旋盤によって非球面レンズを作製し、これを短時間で研磨して製品化しようとするシステムがある。しかし、図1のような研磨工程では、曲率の異なるレンズ一つに対して磨き用の治具が一つ必要になる。つまり、1000種類のレンズがあれば、1000種の磨き工具が必要である。また、この旋削後の最終仕上げは手作業に頼らざるを得ないのが現状である。

本研究では、この手作業工程を磁気研磨法によって自動化しようとするもので、今回は基礎実験としてプラスチックレンズ素材として一般的なCR39とポリカーボネート(PC)平板を研磨した結果について報告する。

2. プラスチックの磁気研磨

旋削後の表面粗さは数 μm 程度であり、レンズ本来の形状を損わないために研磨量よりも表面性状が重要である。したがって、ここでは従来の固体磁性砥粒を使用する研磨法¹⁾を避け、ダイヤモンドペーストあるいは研磨材スラリー (PIKAL METAL POLISH) と磁化した鉄粉ブラシの組み合わせによって研磨する方式を採用した^{2), 3)}。この方法では図2に示すように磁化されて整列した鉄粉ブラシの間隙中に研磨材が保持されて研磨され

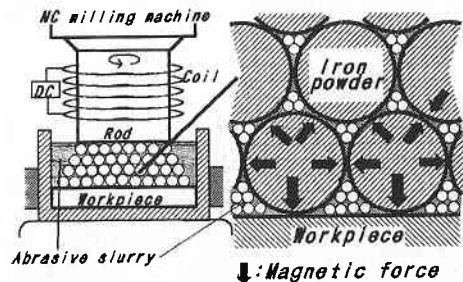


Fig. 2 Scheme of magnetic finishing using abrasive slurry and iron powder

研 究 速 報

るもので、ワークが鋼などの磁性体であればワーク自身も磁化されて鉄粉を吸引することにより加工圧が発生する。プラスチックの研磨では加工圧をより強くするためにプラスチックの下方に鋼材あるいは磁石を設置する。非球面の研磨にこの方式を採用する場合は、アロイ工程でアロイ中に鉄粉などの磁性体を分散させればこの方法によって研磨可能である。ワークは各条件で旋削加工後の CR39 と PC を使用した。

3. 実験結果と考察

表 1 に一例として CR39 を研磨した際の各研磨条件と表面粗さの値を示す。なお、CR39 の切削条件は切削送り $40\mu\text{m}/\text{rev.}$ 、切込みが $5\mu\text{m}$ である。また、写真 1 にこれらの試料の光学顕微鏡組織を示す。最終製品として使用するレンズの表面粗さは少なくとも $R_{\text{max}}0.2\mu\text{m}$

以下でなければならない。ここでその値をクリアしているのは No. 2, 4, 5, 7 であるが、光顕写真からわかるように、これらの試料は明らかに磨きすぎである。プラスチックレンズの研磨での表面粗さは目安であって、絶対的な値ではなく、むしろ目視での光の反射、すなわちうねりの有無が重要な要素である。眼鏡関係者の判断では No. 8~11 の方が有望であるとのことである。ダイヤモンドでは切れ味がよすぎるためこのような結果になったものと思われる。

現在プラスチックレンズの主流は CR39 から PC へと移行しつつあるとのことである。PC は CR39 よりさらに硬度が低いのでダイヤモンドでは研磨しにくい。実際にダイヤモンドペーストを用いて PC 板を研磨すると表面が白く曇ってしまう。そこでダイヤモンドよりも硬度が低い PIKAL METAL POLISH での研磨を試みた。

Table 1 Surface roughness of polished CR39 plate and finishing conditions

Sample No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Revolution/rpm	320			500			320				
Gap/mm	1.0		1.2		1.0		1.4	1.0		0.8	1.0
Magnetic flux density/T	0.46		0.40		0.46		0.38	0.46		0.51	0.46
Feed speed mm/min	5	3			7	10	3		10		
Abrasive	Diamond paste ($0.4\mu\text{m}$): 0.5g, Iron powder (KIP 300AS, $53\sim 75\mu\text{m}$): 2.0g, stearic acid: 0.3g							Diamond Paste ($0.05\mu\text{m}$) Carbonyl iron powder ($5\mu\text{m}$), stearic acid: 0.3g			☆
Surface roughness $R_{\text{max}}/\mu\text{m}$	0.3	0.2	0.4	0.2	0.2	0.4	0.2	0.9	0.8	0.6	0.3

☆ Diamond paste ($0.05\mu\text{m}$): 0.5g, iron powder (KIP300AS): 2.0g, stearic acid: 0.3g

Table 2 Surface roughness of polished PC plate and finishing conditions

Workpiece	Finishing Conditions						Surface roughness R_{max} (μm)	
Cutting feed ($\mu\text{m}/\text{rev.}$)	Revolution (rpm)	Gap (mm)	Feed speed (mm/min)	Iron powder + abrasive slurry	Shape of tool end	Magnetic flux density (T)	original/parallel to finishing direction	original/across finishing direction
10	320	1.0	10	$5\mu\text{m}$ 2.0g+PMP	R8 slit	0.40	0.39 / 0.08	0.42 / 0.04
20	↑	↑	3	↑	↑	↑	0.45 / 0.03	0.44 / 0.04
30	↑	↑	5	↑	↑	↑	0.66 / 0.14	0.73 / 0.09
40	↑	↑	3	↑	↑	↑	0.91 / 0.04	0.98 / 0.05
55	↑	1.2	1	$55\sim 75\mu\text{m}$ 2.0g+PMP	Ball-end	0.36	1.08 / 0.02	1.17 / 0.02
60	↑	1.0	1	$5\mu\text{m}$ 2.0g+PMP	R8 slit	0.40	1.03 / 0.05	1.13 / 0.1
70	↑	↑	3	$53\sim 75\mu\text{m}$ 2.0g+PMP	↑	↑	1.51 / 0.04	1.31 / 0.05

PMP: PIKAL METAL POLISH

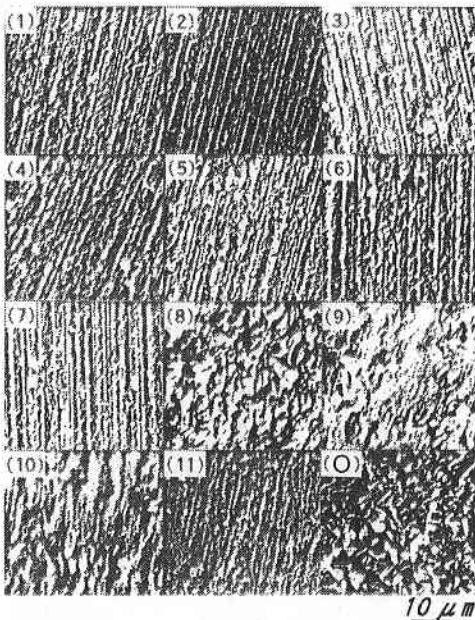


Photo. 1 Microphotographs of polished surface of CR39 plate

(O): after outting

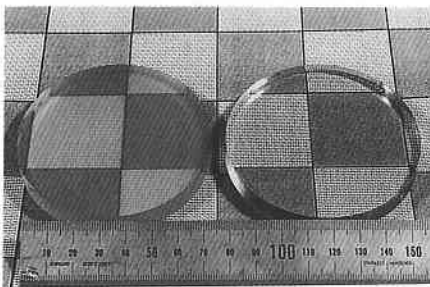


Photo. 2 External appearance of PC plate left: after cutting, right: after magnetic polishing

表 2 に各切削送りで加工した PC 板を表中の磁気研磨条件で研磨して得られた研磨方向と水平方向と垂直方向の平均粗さおよび研磨前の粗さを示す。切削送りを速くすると、切削面の粗さは当然増加し、たとえば、 $10\mu\text{m}/\text{rev}$. で $R_{\text{max}}0.4\mu\text{m}$ が $70\mu\text{m}/\text{rev}$. で $R_{\text{max}}1.4\mu\text{m}$ になる。しかし、適当な研磨条件を選択して研磨すると、研磨後の粗さは、どちらも $R_{\text{max}}50\text{nm}$ 程度になる。今回得られた最も良いデータでは $R_{\text{max}}20\text{nm}$ を切っている。

写真 2 にこの研磨方式により PC 板を研磨した際の研磨前後の外観を、写真 3 にそれぞれの光学顕微鏡組織を示す。切削条件は、切込み $5\mu\text{m}$ で送りが $65\mu\text{m}/\text{rev}$. である。主な研磨条件は、回転数：1000rpm、加工間隙：

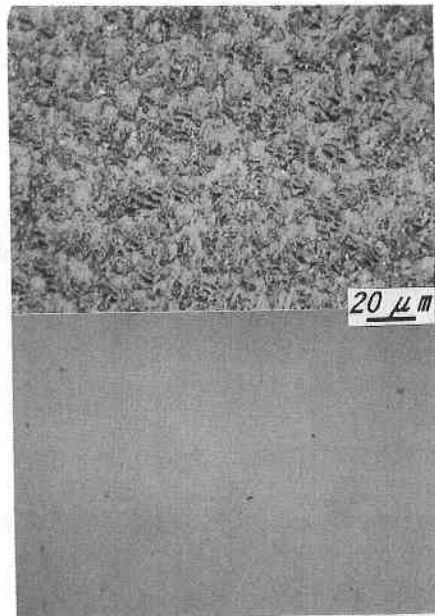


Photo. 3 Microphotographs of PC plate

(A): after cutting, depth of cut: $5\mu\text{m}$, cutting feed: $65\mu\text{m}/\text{revolution}$
(B): after magnetic polishing

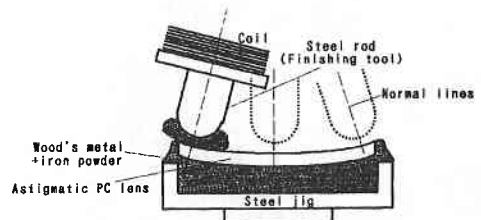


Fig. 3 Consideration of magnetic finishing for astigmatic PC lens

0.8mm 、送り速度： $1\text{mm}/\text{min}$ 、磁束密度： 0.43T でスリットを入れた R8 のボールエンド工具を使用した。砥粒には、 $5\mu\text{m}$ の鉄粉 2g と希釈した PIKAL METAL POLISH を使用した。研磨後に微細な孔が若干観察されるが、目視ではうねりが観察されない良好な透明度を有する状態まで研磨することができた。表面粗さは研磨前 $R_{\text{max}}0.94, 1.12\mu\text{m}$ をいずれも $R_{\text{max}}250\text{nm}$ に研磨することができた。

上述した結果は、いずれも平板を研磨した場合の結果である。当然、眼鏡は曲率を有しているし、前述したようにオーダーメイドの乱視用眼鏡では非球面形状であるため、平板を研磨するようにはいかない。非球面形状の PC を研磨するには図 3 のような工夫が必要である。研磨されるレンズはアロイ工程で低融点合金によって治

研究速報
 具に接着される。冒頭でも述べたように、レンズ下方の磁力が加工圧になるため、治具を鋼にし（現在は真鍮）、かつ低融点合金中に鉄粉などの磁性体を分散させてコンパウンド中の鉄粉を吸引する力を増加させなければならない。また、図に示すように、研磨工具の運動を常にレンズの曲率半径の法線方向に制御し、磁力を一定にして研磨しなければならない。このように制御しないと均一に研磨することができず中心附近での研磨量が外周近傍でのそれより多くなるために外周近傍で表面粗さが悪くなってしま⁴⁾。以上のような工夫を懲らしかつ、最適な研磨条件を見出すことによって非球面形状も平板と同程度の表面粗さに研磨することが可能であると考えられる。

4. おわりに

磁気研磨法によるプラスチックレンズ素材の研磨特性について述べた。プラスチックレンズ素材に応じた最適

な研磨材スラリーを選択し、治具を改良し、かつ工具の運動を工夫すればさらに高品質な表面が得られ、非球面形状にも適用でき、旋削後のプラスチックレンズの仕上研磨工程の自動化に磁気研磨法は十分有用であろうと思われる。

おわりに、実験を遂行するに当たり便宜を図って戴いた理研製鋼(株)、大同特殊鋼(株)、(株)牧野フライス製作所、ブラザー工業(株)、川鉄商事(株)の関係各位に深謝します。

(1993年3月15日受理)

参考文献

- 1) 安齋, 須藤, 中川: 生産研究, 43 (1991) 484
- 2) 安齋, 須藤, 大滝, 尾花, 中川: 粉体および粉末冶金, 39 (1992) 510
- 3) 安齋, 須藤, 大滝, 中川: 砥粒加工学会誌, 37, 1 (1993) 51-55
- 4) 安齋, 須藤, 真崎, 大滝, 中川: 精密工学会誌, 57 (1991) 2211