マグネット クリヤラについて*

会 員 小 松 米 三**

〃 若 山 一 夫

1. ま え が き

科学上の知見としての磁石の発見は非常に古く、西暦前 600 年にすでにそれが知られていたともいわれる。磁力の空間を介して作用し合う現象は、幼稚な古代人の心に神秘性を感じさせるものがあった。その後近代に至りわれわれが磁気現象を科学・工業上に利用するのはもっぱら電磁気現象、換言すればエネルギーの変換にのみ限られ、かつて古代人を魅了した磁力は、あまりにプリミティブな現象として、その利用が省みられることは少なかった。

しかし残留磁気の大きな焼結磁性材料が得られる今日、生の磁力を応用することが徐々に注目されだして来たことは当然といえよう。殊にごく最近ゴム磁石が発明され、それが任意の大きさに成形容易なことから、磁力の応用が特に盛んになりだすであろうことが予想される。それは磁力が、物理学的にいて普通の接面力とは違い体積力であるからで、同種の万有引力(重力)、流体の浮力などがやや考えにくい力であり、またそれだけ巧妙な利用の道があることからみても、この予想的を外れたものでないことが理解されよう。

その現われは当然繊維工業界にもみられ、本特集号にみられる通りである。本文には特にクリヤラに関し、磁力を応用したことについて、その知見および改良発展の経過を述べる。

2. マグネット クリヤラ

紡織機械には各部分にクリヤラ ローラが使用されているが、最近のごとく機械の高能率化、運転の高速度化が要求される時代においては、綿くず等から機械を常に清浄に保っておくことが一層痛切に要望されるようになった。マグネット クリヤラは以上の時代の要求に応じ特にアンダ クリヤラとして開発せられたものである。

最近ニューマフィルの普及により、アンダ クリヤラ

の取付けが場所的に非常に困難になった。さらに従来のアンダ クリヤラの取付けがスプリング圧力に頼っていたため、その機構ならびにスプリングの強度度合の調節が非常にむづかしかった。このことは幾多の特許が申請されている事実によってもわかる。

ここに述べるマグネット クリヤラは、取付けた磁石の強力な吸着力を利用し、鉄製ボトム ローラに媒介物なしで直接付着、保持させる機構をとったものである。第 1, 2 図はその実際の用例を示したもので、ほぼ満足な結果を得ている。

(第 1 図) マグネット クリヤラの用例 (前面図)

(第 2 図) マグネット クリヤラの用例 (側面図)

3. 構 造

厚みが約 10mm ぐらいの軟鉄葉(表面鍍金をした軟鉄製の断面が矩形のリング)を中間に置き、その両側に 2 つの円筒磁石の極を N-N 式または S-S 式に同極を互に対峙させ、これらを 8mm 径ぐらいの心棒を通して普通のクリヤラの形状をもたせる。2 個の磁石の両側は

* Magnetic Clearer.

** Y. Komatsu, Member. 山内ゴム工業株式会社, K. Wakayama, Member, 京都工芸繊維大学

木心部になり、フルート ローラ 面との接触面には当然ラシャがはってある。

磁石としては軽量でかつ保磁力の極めて強いバリウムフェライト磁石（焼結）を使用しているため、磁力の減衰はほとんど半永久的にないものと考えてよい。しかし床上へ落すことは極力避けねばならないことは当然であろう。

第3図に構造並びに磁気回路を示しているが、同極の相對時する磁石から出る磁力線は軟鉄片において集中し方向転換して軟鉄片と接触するローラ軸部に入る。この部分での磁力線の集中がクリヤラのローラ軸への密着保持を保証する。後に問題とする事柄ではあるが、軟鉄片と軸との接触に多少でも空隙ができると、上記の磁力線集中が不満足になり磁気吸着力は激減する。

(第3図) クリヤラの構造および磁気回路

したがってクリヤラの落下を防ぐため、マグネット クリヤラの設計調整には、用いるローラの寸法に応じて相当厳密な配慮が必要である。参考までに今までに作られたマグネット クリヤラと、用いた磁石の寸法およびローラ軸への吸着力の実測値を第1表に示す。

(第1表) クリヤラのマグネット寸法と吸着力

マグネットの種類	寸 法 (mm)					吸 着 力 (kg)
	L	l	e	D	d	
I	50	20	10	25	20	2.0~2.5
II	72	31	10	25	23	3.0~3.5
III	74	32	10	28	24.7	4.5~5.0
IV	54	22	10	33	28	5.5~6.0

(注) マグネット クリヤラ全体の重量は上記に木心部および軸心の重さを入れて大略 150 g 前後となる

4. 作 用

従来のクリヤラはローラのフルート面で駆動され、縮くずはただクリヤラへの接触付着によってのみフルート面から取り除かれ、その目的を達しようというものが

多い。これに対してマグネット クリヤラでは、軟鉄部でクリヤラ自身をローラに保持させると同時に、この部分(以後この接触部をP点とする)の摩擦によってローラから回転駆動される。このときローラのフルート面とクリヤラの作用面(以後クリヤ面という)とを接触寸前の寸法にしておく、と、第1図からわかるように当然フルート面の周速はクリヤ面のそれより異なることになり、縮くずを清浄するのに引かき作用も加わるから、旧来のものより より確実になると思われる。

今、クリヤラとローラとの各部の径を第1図の記号で表わすと

$$\frac{\text{フルート面の周速}}{\text{クリヤ面の周速}} = \frac{\pi c (\text{ローラの回転速さ})}{\pi d (\text{クリヤラの回転速さ})} = \frac{c}{d} \cdot \frac{b}{a} \dots\dots\dots (1)$$

の関係がある。普通的设计では $a < c$, $d < b$ であるからフルート面がクリヤ面より早く動いている。この状態のとき、縮くずが両者の面間に介入したとすると、フルート面の周速の方が大きいから、クリヤラはフルート面からも一部回転力を受ける。その間クリヤラが軟鉄片のP点から受ける回転力の消長はどのようなになるか。

実際の場合には軟鉄片、ローラ軸の真円度、仕上面およびその間に介入するゴミ、またフルート面とクリヤ面との間の実際的な接触圧から来るラシャ面の凹み、さらにフルートの作用などが混在し、クリヤラがローラの下部で付着しながら前後に揺動する。ゆえに縮くず除去作用の詳細なことは簡単には知れない。そこで次章に理想的な状況のもとにおけるマグネット クリヤラの動きを解析し、設計および改良に対する指針にしたい。

5. クリヤラの動きの解析

力学で興味のある演習問題として第4図のような連結円板の運動が取扱われる。これについての解を実際の場合について現実化することは、技術的の面でなかなか困難である。しかし

(第4図) 連結円板機構

磁力という体積力を利用すれば、上の例題のごときもの実現も可能になる。この点ゴム磁石の出現などは巧妙な運動機構の設計に便宜を与えられる。マグネット クリヤラの運動もまさにその一例で、このような運動は別

(第 5 図)
クリヤ面を考えないときのクリヤラの釣合

に何かに利用されるかも知れない。

(1) 清浄作用をしないとき

まず第1図のS断面を示す第5図(a)についてローラが静止しているときから考察を始める。クリヤラに作用する力は、ローラから受ける磁力 F と自重 W およびそれらの差に等しいローラからの抗力 R (面力)であってそれぞれ矢印の方向、この3力で釣合状態(OO' が鉛直線をなす)を保つ。クリヤ面はフルート面と接触していないとするから力に関係がない。回転が加速状態でない限り、任意の定回転速度でこの姿勢が保たれる。それは清性による回転が続き P 点で摩擦力の作用すること(トルク)が不要であることからわかる。

加速が行なわれるためには、 P 点での摩擦によってローラのドライブ力 f がクリヤラに加えられ、 OO' 軸が傾き、そのときの W の切線分力 W_t が f と釣合うような姿勢をとる。(第5図(b)) もちろん加速が大きけ

れば OO' 軸の傾きも大きくなる。

(2) 清浄作用のあるとき

第5図にフルート面およびクリヤ面を考えに入れ(破線で)第6図に示す。

この2面が接触しているとするとクリヤラは P 点以外にこの面(軟鉄片の両側にあるが、一方で代表させて以後考える)からも抗力を受けるはずであるが、全体としてローラから受けるべき抗力が、 P 点およびクリヤ面でどのような配分になるか予測しがたい。

そこでしばらくクリヤ面はフルート面と接触しないとして問題を単純化する。このとき綿くずの清浄作用に相等する負荷は、この2面間に油剤などの粘性剤を介入させて実現できる。このようなクリヤラへの負荷方法は、相対運動する2物体間に介在する粘性流体の粘性力を利用するものである。今の場合ある粘性剤を入れて、フルート面とクリヤラ面との相等速度差が(1)式で計算されるものより小さくなったとすると、 P 点ではすべりしていることになる。そして P 点でのすべり摩擦力がフルート面とクリヤ面とのこのときの相対速度差に対応する粘性力と等しいわけである。このことは後により明らかになるが、実際の綿くず負荷も上に似た現象になると考えてよい。

クリヤ面にこのような負荷が与えられると、フルート面の方が周速が大きいから、第6図のようにクリヤラはクリヤ面で回転駆動力 f_c を受ける。負荷が過大でないとき、トルク $f_c \cdot d$ は P 点でのすべりを止める力 f によるトルク $f \cdot b$ と釣合わねばならぬ。

$$f_c \cdot d = f \cdot b \dots\dots\dots (2)$$

(2)式が成立している間は P 点ではまだすべりはなく、ころがり接触を維持している。ゆえにこの段階では見掛け上まだ P 点でクリヤラの駆動が行なわれているように見えるが、実はクリヤ面でドライブされるのを P 点の摩擦で殺している形である。換言するとクリヤ面はこの摩擦力でフルート面を清浄することになる。

ここに当然 $f_c > f$ であるから、クリヤラの切線方向の釣合には OO' 軸が傾いて W の分力 $W \sin \alpha$ を生じる必要がある。

$$f = f_c - W \sin \alpha \dots\dots\dots (3)$$

この関係に(2)を代入して

$$f = \frac{dW}{b-d} \sin \alpha \dots\dots\dots (3)'$$

が得られるから、定常状態で OO' 軸の傾斜から P 点での摩擦力 f がわかる。

(第6図) クリヤ面、フルート面を考えたときのクリヤラの釣合

なおこのとき P 点での抗力 R は

$$R = F - W \cos \alpha \quad \cdots \cdots (4)$$

であるから、 P 点でのころがり摩擦係数（最大静摩擦係数 μ_s に等しいとしておく） μ を用いて、 P でのすべりを止める力 f には

$$f = \frac{d \cdot W}{b-d} \sin \alpha \leq \mu (F - W \cos \alpha) \quad \cdots \cdots (5)$$

で示される限度がある。

クリヤ面とフルート面に介在させる負荷用の油剤の粘度が大であると、 P 点ですべりが起りクリヤ面フルート面との周速の差が (1) 式の値より減少し、その速度差に対応する粘性力（負荷力）が P 点でのすべり摩擦と釣合う状態になる。したがってすべり摩擦力ところがり摩擦力とが同一であるとすると、安定状態での傾斜角 α はやはり (5) 式右の等式で決まる値 α_m をとる。

以上によってクリヤ面への負荷の消長とクリヤラの運動の変化とを結論的に対照すると第2表のようになる。

(第2表) クリヤラの力学的挙動

負 荷	クリヤラの回転	傾 斜 角 α
0	P 点ころがり接触	0°
漸 増	同 上	漸 増
大	P 点すべり接触、フルート面とクリヤラ面との相対速度小になる	(5) で与えられる角 α_m

6. 設 計 の 方 針

前章の結果からマグネット クリヤラの設計方針として種々のことが考えられる。

まずクリヤラがローラの鉛直下より回転方向に前に出することは実際問題として限度をつけたい。これは (5) 式の右の等式を成立させる α にある制限 α_m をつけることであって、設計によっては α の任意角で不等式を成立させることもできる。今 α の $\pi/2$ までの変化を横軸にとり等式の左辺と右辺を同一グラフに示すと、 $d \cdot W / b-d$ と $\mu \cdot F$ との大小に応じ3つの場合に分けて考えると都合がよい。(第7図)

(5) 式によると図で両曲線が交った点の角 α_m が P 点のころがり接触の限度で、① 曲線が ② 曲線の上になっているような範囲の角 α で安定状態が現出できる。

このときの P 点の摩擦力 f は (3)' 式

$$f = \frac{d}{b-d} W \sin \alpha \quad \cdots \cdots (6)$$

で与えられ、クリヤラ面での清浄力 f_c は、(3)' を (2) 式

(a) $dW/b-d > \mu F$

W が F に比べて相当小さい場合

(b) $bW/b-d > \mu F$ W が F と同等程度の場合

(c) $dW/b-d > \mu F$ この関係が望ましい

(第7図) ① $\mu (F - W \cos \alpha)$ の曲線
② $dW/b-d \sin \alpha$ の曲線

に代入して (7) 式で表わされる。

$$f_c = \frac{b}{b-d} W \sin \alpha \quad \cdots \cdots (7)$$

マグネット クリヤラ設計の態度としては第7図 (a) (b) のようなものは避けねばならない。それは衝突的な負荷および面への異物の混入などで、クリヤラがローラと共に巻き上げる可能性があることを意味する。

そこで第7図 (c) のようになる設計を採用する。

(5) 式の右等式を変形すると

$$\begin{aligned} \sin (A + \alpha_m) &= \frac{\mu F}{d \cdot W / b-d} \left[\left(\frac{b-d}{d} \mu \right)^2 + 1 \right]^{-1/2} \\ &= \frac{F}{W} \left(\frac{b-d}{d} \mu \right) \left[\quad \right]^{-1/2} \end{aligned} \quad \cdots \cdots (8)$$

$$\tan A = \frac{b-d}{d} \mu \quad \cdots \cdots (9)$$

が得られる。(8) 式の右辺で、クリヤラ落下の安全度を考え、また実際の第1表のデータから

$$F/W \cong 15$$

ぐらいの値とし

$$\frac{b-d}{d} \cdot \mu \cong \frac{1}{45}$$

程度にとると(8)式中の〔 〕 $\cong 1$ となる。また(9)式から A も微小角となって無視できる。このときの α_m は第7図(c)でも判断できるが、上記の近似を使って

$$\sin \alpha_m \cong \frac{1}{3}$$

で求まる。これは $\alpha_m \cong 20^\circ$ となるからちょうど適当の大きさである。この値が大きいとクリヤラの揺動がはげしくなる。また小さく取りすぎると(6),(7)式で求まる清浄力の不足を来すであろう。

次にクリヤラの大きさについての目安が求まる。すなわち一般に

$$\mu \cong \frac{1}{7}$$

と考えてよいから

$$d/b-d \cong 6$$

となり(6),(7)式から

$$f \cong 2$$

$$f_c \cong 3$$

ここで大略 $d/b-d \cong 6$ 近辺の値をとる第1表の実際例では $W \cong 150 \text{ g}$ 位の値を示すから清浄力として $f_c = 450 \text{ g}$ の値はごく常識的なものであることがわかる。

7. 実験の結果

以上の考察をもとにして種々実験的な観察を試みた。根本的には、想像されることではあるが、クリヤラがローラに付着しながら動揺する度のはげしく、とても測定値をとる段階ではない。しかしながら前章の摩擦の裏付けが得られるような結果を観察するために、下記のごとき種々のくふうを行なった。

- (1) フルートのないローラ軸を作り、また軟鉄片も共に軸をグラインド仕上などする。
- (2) 両端に軟鉄片をもつクリヤラを作って中間部をクリヤ面と考える。
- (3) クリヤラの心孔部に重錘(鉛)を付加する。
- (4) 清浄力をみるため、負荷として油の粘性力を利用し、一様な負荷を得る。
- (5) クリヤラの回転数の変化だけでも観察できるようにストロボを用いる。

このようなくふうによって前章の考察は大体満足されることがわかった。特に第7図(b)に示されるような安定領域の分断される現象を確認した。

実用試験によって観察されたことがらは次のようであ

る。クリヤ面にはラシャなどが貼られるから、これがフルート面との間で圧力が無視できるような接触を実際に期待することは無理である。このことから P 点に間隙ができて磁力が小さく、また締りずが介入しない初めからある程度の負荷がかかったと同じ結果になる。したがって第1表にみられるような磁力を大きくする必要に迫られた。またラシャ面の真円度も保証しえないから、周期的な負荷がかかることになり、これがローラの回転数と同期することもある。次に軟鉄片の両側にクリヤ面をもつ場合は、両者で負荷が異なるのが普通である。この結果ローラとクリヤラの軸心が平行から外れ、クリヤラがローラ軸方向に移動する。その際ローラ径の違う肩のところにクリヤラが乗り上げ、落下の因にもなる。

ここでクリヤラの作用を反省してみる。先にも述べたが、フルート面とクリヤ面とが回転接触し、同じ周速であっても相当の清浄作用が行なわれるものと思われる。よってマグネットクリヤラの場合も考察に述べたような理想的な清浄作用は期待せず、ただ強力な磁力によるローラ軸への密着力のみを特色としてもよい。この場合注意すべきことは、 P 点での強い付着力に対する抗力をもつばらクリヤ面にのみかかり(ローラ軸と軟鉄片との間に間隙ができて)クリヤ面のラシャが凹形になってフルート面に密着することである。このときクリヤラが軽量であると、くぼみの肩でクリヤラが持ち上げられる。

8. マグネットクリヤラの改良型

以上のような結果から最後に考案されたのが次のごとき型のものである。第8図に示すように軟鉄環(軟鉄製角形断面のリング)をその両側の磁石に接着固定せず(A, A' 面)、かつ軸孔もクリヤラ全体を貫く心棒に対して大きな遊びを作っておく。軟鉄環は磁力でクリヤラ

(第8図) 改良型の構造

と一体になっているだけで軸と直角方向には磁力にもとづく A, A' 面での摩擦力で持たされているだけである。

これをローラに付着させると、軟鉄環はクリヤラの軸心に対して適当に偏心を生じ、ローラ軸に密着することが可能になる。というよりは逆にこれが起るように、軟

鉄環を A, A' 面では持する摩擦力よりローラ軸への付着力の方を大きく設計する。これは A, A' 面の仕上加工の程度によって調節されるが、その目安は次の考えを基準とすればよい。

問題はクリヤラの回転中にでも起らねばならないが、それではあまりに複雑となるから静止中での考えを基本にする。軟鉄環がローラ軸に密着するため偏心を起すとき、 A 面での最大摩擦力 R' に抗して移動するが、この R' はクリヤ面とフルート面との間の接触圧となって現われる。(以後 A' 面側についてのことは A 側の中に入れて考えることにする) ゆえにクリヤラがローラから受ける抗力を図示すると第9図 (a) になるが、これからクリヤラが軸心のまわりに受けるトルクを考えるのに、(b) 図のごとく P 点での鉛直断面をみる。

(a)

(b)

(第9図) 改良型マグネット クリヤラの作用
(クリヤラの右半分は左側の中に入れて考える)

クリヤ面に縮くすのない初めの状態で、すでに $d \cdot f_c (= \mu' R' \cdot d)$ のトルクを受ける。(μ' はクリヤ面の摩擦係数) したがって A 面で回転すべりが起らなければ、このトルクを P 点でのすべりのない摩擦力 f のトルク $b \cdot f$ で釣合せたい。このようにできれば第5章の考察がほとんど生き、そこから設計の方針が求まる。

A 面での摩擦による最大トルクは、理論的には $2/3 \cdot R' \cdot d$ ((b) 図中で $f_A \cdot d$) となるから、普通

$$\frac{2}{3} R' \cdot d > \mu' R' d$$

が成立し、 A 面ですべることはないと考えてよい。そして上式の両者の差が大きいほど、クリヤラ面の周速の差にもとづく清浄力を大きくできる。ゆえに R' を大にする

ればよいことになる。

しかし A 面で回転すべりが起らなくても、 P 点ですべりが起って R' を大にしてもむだなことになる。ゆえに A 面での最大トルクと P 点で最大トルクとを同程度の大きさにする。すなわち

$$\frac{2}{3} R' \cdot d \cong b \cdot f_{\max} = b \cdot \mu \cdot R$$

とする。ここで普通の設計ではほぼ

$$d/b \cong 1, \quad \mu = 1/7$$

によって充分であるから、上式に用いて

$$R'/R \cong 3/14$$

さらにクリヤ面に負荷がかかって傾斜角 α が増すと、 R は大きくなる一方であり、また磁力 F に対してクリヤラの自重 W も充分小さいのが普通であるから、上の結果を

$$R'/F \cong 1/5$$

と考え設計の目安とする。

以上の考察の中には、回転中で起るということ、およびクリヤ面が軟鉄環の両側にあり R' が2個に分れるということが含まれていない。これらは負荷が実際には両側で等しくかかるものでないということも手伝って、とても考察にかかるものとは思われない。

上のような根拠によって試作された改良型は、使用実験の結果、非常に好結果を示した。下にその観察の上での特徴を列挙するが、それらに対する説明はすべて上述の考察から得られる。第5章および本章の考察では磁石のフルート面への付着力は微小なものとして無視しているからこのへんの考慮は実際の場合必要と思われる。

- 1) クリヤラの径に関する細かい調節および設計はほとんど不要になる。
- 2) クリヤラのローラ軸に対する平行度が悪くなり、落下の因になるなどのことがない。
- 3) クリヤ面に衝撃的な負荷がかかっても、 AA' 面でのスリップで逃げることができる。
- 4) クリヤラを手でローラに誘導付着する操作において、クリヤラがローラに巻き上る不安感がない。
- 5) 3線ローラなどにおいて、クリヤラが2個のローラに付着する場合、2個のローラで軸とフルート面との径が異なるとき、軟鉄環がどちらのローラにも密着しうる好都合がある。

紡績機械の中での小部品にすぎないクリヤラに関してはまとまった文献は少ない。上の考察が何らかの参考になれば幸いである。

おわりに材料の提供ならびに実用試験などに関し、住友金属工業電磁気事業部および日東紡績から得た御協力を感謝する。