繊維機械鑄物の経年変形に就て*

(昭和24年11月10日受理)

会 員 林 伸 太 郎**

摘 要

繊維機械鑄物の中で特に経年変形に因り機械性能に影響を及ぼす事が考えられるので、鑄造上の参考資料を得るため二、三の鑄物例につき実験を行い下記の成果を得た。

(1) フラット底面の経年変形量は残留内力の大きさと略比例する。尚底面は鑄肌の儘の状態に保ち置く事が取扱中、仮令不測の荷重を受けても経年変形量を著しく阻止し得て良好である。

(2) シリンダーの残留内力は時日の経過と共に減少するが6ヶ月以降に於ては減少傾向がゆるやかとなる。残留内力は鑄鉄材質の縦弾性係数と関聯あり、特に経年変形を問題とする鑄物に対しては設計強度の許容範囲内に於て弾性係数の低い材質にて熔製すべきものと認める。

1 緒 言

繊維機械を構成する材料の大部分は鑄鉄鑄物より成り之等鑄物の使用中に於ける変形はその使用箇所により機械の性能に大なる影響を及ぼすものである。元來熔銑は凝固すれば収縮するがその際の熔銑の化学組成、凝固過程に於ける鑄物の各部の冷却速度、鑄物の形状及び造型法等の相異に因り収縮率は一定せず且鑄物全体は自由には収縮し難い爲鑄物内部に相当量の鑄造内力を冷却後迄残留し、之が爲経年変形を生ずる原因となる譯である。今回は梳棉機のフラット及びシリンダーにつき経年変形を測定した実験経過を報告する。

2 フラットに對する實驗経過

(a) フラットの経年変形に及ぼす鑄造歪の影響

(i) 試料及び実験方法

供試フラットは電氣炉熔銑2チャージより5本宛計10本を採取し、鑄造直後の鑄造歪に基く長さ

方向の底面反りの状況を測定した後、一旦反りを矯正し6ヶ月間放置後に於ける反りの戻り状況を定盤上にてシツクネスゲージに依り測定した。

(ii) 実験結果

試料の化学分析値は第1表に示す。

第 1 表

熔番	T.C%	Si %	Mn %	P %	S %	Cr %
D1	3.32	2.33	0.55	0.289	0.064	0.03
D2	3.37	2.07	0.55	0.251	0.070	0.02

測定結果は第1図に示す如く底面はフラットの背鍔方向に彎曲し中央部に於ける各試料の最大反り量は0.4~1.05mmを示す。尚フラット先端部が跳ね上つて居るものが2本程認められるが、この様な反り方は歪取り作業を困難ならしめる。一旦反りを矯正し6ヶ月後の経年変形は鑄放時の反りと同方向に発生し、最大0.05~0.10mmの変形量を見出した。

フラットの底面硬度は概ね中央部に於て最大ショアー硬度28~31を示し、両端部に近付くに従い漸次低下し25~27となる。フラットの鑄造法は両先端部に設けた湯口より注湯するを以て、中央

* On Seasoning of Textile Machine Castings.

** S. Hayashi. 豊田自動織機製作所材料研究課長

部熔湯衝突面に於て熔湯の温度は相当降下し、冷却速度の影響を受けて充分なる黒鉛生成を制限され高硬度を示すものと考える。

鑄造直後の鑄造歪に基く底面反りの最大発生量と経年変形最大量との関係は第2図に示す如く、鑄造歪の大きな試料程概して経年変形量を大きく発生する傾向を認める。

(b) フラットの経年変形に及ぼす底面加工度の影響

(i) 試料及び実験方法

供試フラットはキューボラ熔鋳により鑄造せる10

第 2 表 底面加工処理を異にするフラットの6ヶ月後に於ける底面変形量

底面 状況	試料 番号	底 面 経 年 変 形 量 $\left(\frac{1}{100}\text{mm}\right)$											シ ョ ア ー 硬 度		
		端	1	2	3	4	中 央	4	3	2	1	端	端	中 央	端
鑄 肌 の 儘	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32	36	31
	2	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	31	36	30
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	30	36	31
	4	0	5	5	0	0	0	0	5	5	0	0	30	36	29
	5	0	0	5	5	5	0	0	0	5	6	0	28	34	30
	6	0	0	0	0	0	0	0	6	0	5	0	32	34	33
プ レ ー ナ ー 加 工	1	0	0	0	0	0	0	0	0	6	6		28	35	27
	2	0	0	0	0	6	9	9	9	0	6	5	28	34	29
	3	0	0	0	5	5	6	7	5	0	0	0	29	34	29
	4	6	6	9	11	14	14	11	11	9	9	0	30	35	29
	5	0	0	0	6	6	8	9	8	0	0	0	25	36	26
	6	0	5	6	6	6	6	7	9	7	6	0	29	35	28

尙底面鑄肌の儘のフラットの経年変形量につき電気炉及びキューボラ鑄鉄製によるものとの上述実験結果を比較するに後者による方が僅少の傾向にある。

(c) フラットの経年変形に及ぼす負荷の影響

(i) 試料及び実験方法

供試フラットは仕上工程中より任意に10本採取した。フラットの取扱中不測の荷重を受けた場合を考慮し底面鑄肌の儘及びプレーナー加工に依り

本を採取し、5本は底面鑄肌の儘、5本はプレーナー加工し、一旦底面歪を矯正し6ヶ月間放置後の経年変形量を測定した。

(ii) 実験結果

試料の化学分析値は次の通りである。

T.C%	Si %	Mn %	P %	S %	Cr %
3.29	2.52	0.61	0.196	0.075	0.06

測定結果は第2表に示す如く鑄肌の儘のフラットの6ヶ月後に於ける経年変形は各試料共背縁方向に彎曲し、最大 0~0.06mm (当方許容限界0.07mm) にして僅少であるが底面を機械加工せるものは前者に比し甚だ大きく最大 0.07~0.14mmの変形量を発生した。即ち試料の片面のみを機械加工にて鑄肌を取除いた事に依り鑄物内部に於ける残留内力の平衡が破れたことに因るものと認められる。

オ3図「フラット」に於ける負荷試験要領

鑄肌を取除いた試料に第3図に示す要領に依りフラット中央部背縁側に夫々20及び50kg 重錘を0.5及び5min 負荷後一旦負荷により発生した反りを矯正し、6ヶ月間放置して経年変形量を測定した。

(ii) 実験結果

第 3 表

(A)

底面 状況	試料 番号	荷重 kg	負荷 時間 min	撓み $\frac{1}{100}\text{mm}$	荷重除去後の底面反り $\left(\frac{1}{100}\text{mm}\right)$											ショアー硬度		
					端 1 2 3 4 中央 4 3 2 1 端											端 中央 端		
鑄 肌 の 儘	1	20	0.5	84	0	6	0	0	0	0	0	6	5	0		34	35	33
	2	20	5	87	5	5	4	0	0	0	6	7	5	0		35	37	35
	3	50	0.5	209	0	0	5	6	5	5	5	7	6	0		35	36	35
	4	50	5	199	0	6	0	5	0	0	0	0	4	0		35	37	34
プ レ ー ナ ー 加 工	1	20	0.5	84	6	7	8	10	8	8	5	0	5	0		32	30	32
	2	20	5	89	0	5	5	5	5	6	7	7	6	0		31	33	31
	3	50	0.5	214	0	8	8	10	11	12	10	10	8	0		34	34	33
	4	50	5	217	10	15	22	29	27	27	26	20	11	5		33	34	33

測定結果は第3表(A)に示す如く荷重除去後の反りの発生状況は底面機械加工せるフラットに於てはすでに粘性変形を受け相当に負荷方向に彎曲し、特に50kg, 5min 負荷のもの程著しい。これに反し底面鑄肌の儘のものは負荷による著しい影響を受けず、即ちほぼ弾性限界内に保持せられて居た事を示す。

上記荷重試験に依り発生した反りを一旦矯正し6ヶ月後の経年変形量を測定するに第3表(B)に示す如く底面鑄肌の儘及びプレーナー加工のもの何れも負荷大なるもの程変形量を大きく発生するが、特に底面プレーナー加工のものは著しい。

3 カードシリンダーに対する 実験経過

(a) 試料及び実験方法

供試シリンダーは何れも昭和23年秋季電気炉熔銑により鑄造し、其の際の残留内力に依る加工後の変形を考慮し大氣中放置により夫々1, 3, 6及び12ヶ月経過毎にシリンダー3個宛につき残留内力を測定した。

尚シリンダーの鑄造法は縦型落込方式にして、湯口は円周上に8個設けノズル及びストツパーに

(B)

底面 状況	試料 番号	経年変形量 $\left(\frac{1}{100}\text{mm}\right)$												
		端 1 2 3 4 中央 4 3 2 1 端												
鑄 肌 の 儘	1	6	6	0	0	5		0	0	0	6	0		
	2	6	6	0	0	0		0	5	6	0	0		
	3	0	0	6	6	6		6	6	6	6	6		
	4	11	11	9	9	9		7	7	9	9	9		
プ レ ー ナ ー 加 工	1	0	0	6	9	7		6	6	0	0	0		
	2	0	5	5	5	5		6	9	9	9	0		
	3	9	9	9	11	14		14	10	6	0	7		
	4	6	9	14	15	15		15	15	11	0	0		

より一齊同時に注湯した。

残留内力の測定方法としてはシリンダー湯口部側より外径1270mm, 内径1230mm, 高さ50mmのリング状試験片を各々1個宛切出し、一個所を円周方向に約40mmの間隙を有する様半径方向に切断し其の際予め切断間隙部を挟んで円周方向に定めた約100mmの標点距離間の切断前後に於ける伸縮量を測定し計算により残留内力を求めた。尚伸縮量の測定に際してはリング状試片をコロ上に水平に静止して行つた。

(b) 実験結果

供試シリンダーの化学分析値は第4表に示す。リング状試片の切断時標点距離は何れも円周方向に収縮し鑄物内部に鑄造内力を残留している事を示す。

第 4 表

試料 鑄造 熔番	放置 月数	円周方 向の収 縮量 mm	化 学 分 析 値 (%)						B. H. N.
			T. C	Si	Mn	P	S	Cr	
A47	1	13.70	3.25	2.21	0.41	0.146	0.079	0.06	202
A49	1	12.85	3.29	2.17	0.43	0.259	0.100	0.07	202
A59	1	8.30	3.45	2.33	0.45	0.167	0.057	0.08	202
A21	3	10.96	3.20	1.75	0.45	0.243	0.098	0.09	202
A58	3	10.00	3.09	2.50	0.42	0.258	0.092	0.08	212
A76	3	10.30	3.05	2.86	0.45	0.247	0.078	0.11	212
A43	6	8.82	3.16	2.08	0.59	0.227	0.058	0.07	192
A44	6	7.23	3.11	2.01	0.59	0.194	0.061	0.08	197
A55	6	6.20	3.22	2.43	0.48	0.222	0.061	0.12	187
A52	12	6.45	3.07	2.06	0.42	—	0.101	0.09	202
A57	12	3.70	3.04	1.99	0.44	—	0.107	0.07	202
A61	12	3.59	3.10	1.62	0.51	—	0.100	0.09	197

第4図に示す如く一端B点を切断せるリング状試片を一個の曲げ梁と考え、其の際収縮した撓み δ を元の位置迄開き戻すに要するB端の切目に於ける切線方向の二つの相等しい荷重PをCastiglianoの定理により求め、之より残留内力を計算した。

切断せるリング状試片の半径をRとし、切目B端に荷重Pを加えた時任意の断面mnに於ける曲げモーメントをMとすれば

$M=PR(1-\cos\phi)$(1)

曲げに因る歪エネルギーをVとすれば

$V=\int_0^\pi \frac{\pi}{2} \frac{M^2 R d\phi}{E I}$(2)

但しE：鑄鉄の縦弾性係数

I：試片の慣性モーメント

B端の切線方向の撓みを δ とすれば

$\delta=-\frac{\partial V}{\partial P}$(3)

(1)(2)及び(3)式より

$\delta=-\frac{\partial}{\partial P} \int_0^\pi \frac{\pi}{2} \frac{M^2 R d\phi}{E I} = \frac{1}{E I} \int_0^\pi M \frac{\partial M}{\partial P} R d\phi$
 $= \frac{1}{E I} \int_0^\pi P R^3 (1-\cos\phi)^2 d\phi = \frac{3\pi P R^3}{2 E I}$(4)

或いは

$P=\frac{2 E I}{3 \pi R^3} \delta$(5)

求むる残留内力はこのリング状試片に誘起された最大内力を以て表わし得る。即ち最大内力 σ_{max} は $\phi=\pi$ なるB端切目の反対点Aに起り、Rが肉厚hに比し大*であるから近似的に

$\sigma_{max}=\frac{M_{max}}{Z}=\frac{2 P R}{Z}$

但しZ：断面係数

(5)式のPを代入すると

$\sigma_{max}=\frac{2 E h}{3 \pi R^2} \delta$(6)

半径Rは切断前の寸法より小さいが其の差は半径に比し甚だ小なる故(5)及び(6)式のRは切断前の値を以て表わして差支ない。

尚全内力はこの最大内力の上に等分布内力を累加せねばならぬので切目の断面積をAとすれば

$P/A+\sigma_{max}$ にて示される。

今R=62.5cm

$I_z=\frac{bh^3}{12}=\frac{5 \times 2^3}{12}=\frac{10}{3} \text{cm}^4$

$A=bh=5 \times 2=10 \text{cm}^2$

$E=10^3 \text{kg/cm}^2$

$P=\frac{2 \times 10^3 \times 10 \delta}{3 \times \pi \times 62.5^3} \delta=2.91 \delta \text{ kg}$

$\sigma_{max}=\frac{2 \times 10^3 \times 2}{3 \times \pi \times 62.5^2} \delta=109. \delta \text{ kg/cm}^2$

より実測値 δ に対するP, σ 及びP/Aを計算すれば第5表の通りである。

第 5 表

熔 番	δ, cm	P, kg	$\sigma_{\text{max}} \text{ kg/cm}^2$	A/P kg/cm^2
A47	1.370	3.98	149.25	0.14
A49	1.285	3.74	139.12	0.13
A59	0.830	2.42	90.75	0.08
A21	1.096	3.17	118.86	0.10
A58	1.000	2.91	109.13	0.10
A76	1.030	2.99	112.13	0.10
A43	0.882	2.57	96.38	0.09
A44	0.723	2.10	78.75	0.07
A55	0.620	1.81	67.89	0.06
A52	0.645	1.88	70.50	0.07
A57	0.370	1.08	40.50	0.04
A61	0.359	1.04	39.00	0.04

少している事は上述の事柄と一致しシーズニング
期間を短縮し得る事が予測される。

尙鑄造の際偏肉となる事は鑄物内部に於ける残
留内力の分布を均一になし得ず、従つて使用中変
形を生じ易い結果となるので造型時注意を要する
ものとする。

第5図に示された残留内力の経年曲線は更に放
置期間を延長して測定経続中なるも鑄造直後の残
留内力を S_0 、放置月数 T 後の残留内力を S とす
れば $S = S_0 \cdot l^{-kT}$ なる関係式が成立する。

但し l は自然対数の底数にして k は経年常数で
ある。即ち本曲線は $S = 158 \cdot l^{-0.105T}$ にて示さ
れ残留内力は約4年後に於て消滅する事が予測さ
れる。

4 總 括

(イ) フラット底面の経年変形量は鑄造時の残
留内力に基く底面反り量と關聯性を有する。

(ロ) フラット底面は鑄肌の儘の状態に保ち置
く事が仮令取扱い中不測の荷重を受けても経年変
形量を最小限度に止め得て良好である。

(ハ) シリンダーは鑄造内力を残留して居り鑄
造後6ヶ月放置に於て約半減するがそれ以降に於
ては減少傾向がゆるやかとなる。

(ニ) 残留内力は鑄鉄の縦弾性係数に比例する
ので特に加工後の経年変形を問題にする鑄物対
しては設計強度の許容範囲内に於て E を考慮の上
材質を選択するの必要を認める。

終りに臨み本研究に対して御指導を賜つた河原
潤次常務取締役、澁沢賢技術部長に衷心より感謝
すると共に終始実験に従事され或いは有益なる助
言を戴いた杉原守一、中川美代志両君並に東岡卓
三、上森利兵衛両君に厚く謝意を表する。

x x x x

大氣中放置による残留内力の減少状況を図示す
れば第5図の如く鑄造後6ヶ月放置程度迄に於て
略時日の経過に比例して約半減しているがそれ以
降に於ては減少傾向がゆるやかとなる。

残留内力は上式より材料の縦弾性係数 E に正比例
する。元來鑄鉄の E は材料の結局強さに應じて
多少影響を受ける傾向にあるので特に加工後の経
年変形を問題にする鑄物に対しては設計強度の許

容範囲内に於て E を考慮の上材質を選択するの必
要を認める。

1ヶ月放置後に測定せる鑄造熔番A59シリンダ
ーは他に比し高炭素鑄鉄にして残留内力を相当減