硬質塩化ビニルの再加熱時における回復 ひずみ中の弾性ひずみについて*

中 川 有 三** 杉 田 博 彦**

The Elastic Strain During the Reheating Process of Polyvinyl Chloride Not Plasticized

by

Yuzo NAKAGAWA and Hirohiko SUGITA

(Faculty of Engineering, Kansai University, Suita)

The testing apparatus was provided with a spring set tandem to the specimen of unplastic polyvinyl chloride so to be worked as to have constant strain at constant temperature, and in the process of recovering from the strain incurred during the reheating of the specimen we tried to separate the permanent strain from the elastic strain, which was produced by the spring force, and tried to obtain approximate value of the modulus of elasticity during the reheating process of the material. But in view of the fact that in our experiment it is very hard to measure the elastic strain directly and exactly, we determined to be content with approximate value of the modulus under the following assumption.

That the difference between the strain release under the spring load at three minutes of initiation of measurement and the strain release under no load, *i. e.* the strain as it stood at the time of three minutes of measurement, would constitute the total elastic strain by which the modulus of elasticity was to be calculated. Assuming that the value of modulus of elasticity is constant during the process of recovering from the strain, we calculated not only the elastic strain, but also the corresponding permanent strain.

The result of our experiment indicates the fact that the greater the spring constant is, the greater the value of suppressed permanent strain is at any reheating temperature.

(Received May 20, 1969)

1 緒 言

著者らは、さきに酢酸ビニル5%と塩化ビニル95%との共重合体樹脂を一定の温度のもとで一定の加工度を与えた試験片に、これとタンデムにバネを取りつけて、この試験片を再加熱したときの回復ひずみと弾性係数との関係について報告した。この場合にはバネの力が作用しているので回復ひずみは微小であると考えて、永久変形を含めた全ひずみに対して見掛けの弾性係数を求めた。これに反して本研究では、再加熱時のひずみの回復経過中においてこれに抵抗する応力に直接関係する弾性ひずみと永久ひずみ、すなわち回復ひずみを分離して考えて、再加熱時における材料の弾性係数の推定値を求める目的で実験した。実際に弾性ひずみを直接正確に測定することは非常に困難であるので、ここでは概算値を求めるにとどめた。

2 試 験 材 料

* 原稿受理 昭和44年5月20日

** 関西大学工学部 吹田市千里山

Fig. 1. Test specimen.

試験材料として、厚さ3mmの硬質塩化ビニルの板をFig. 1に示す寸法に板成型加工したものを使用した。試験片の平行部の幅は6mm、標点距離は80mmである。

3 試験装置とその測定方法

前報告¹⁾で詳述した引張試験機を用いて本実験を遂行した。この試験機は試験片の加熱と冷却を敏速に行なわせるために加熱浴と冷却浴を備えている。試験片に加工度一定の残留ひずみを固定させて、加工度として伸び率50%および100%の二種について試験した。そのときの加工度は次式より算出して伸び率で表わした。

$$\varepsilon_1 = \frac{l_1 - l_0}{l_0} \times 100 \quad (1)$$

加工度一定の残留ひずみを固定した試験片を再び試験機にセットし, 再加熱温度 T_2 のもとで無荷重におけるひずみの回復を追跡した. 回復ひずみを $\varepsilon_r(t)$ で表わすと,

$$\varepsilon_r(t) = \frac{l_1 - l(t)}{l_0} \times 100 \quad (2)$$

で表わされる. したがって回復率は

$$\text{回復率} = \frac{\varepsilon_r(t)}{\varepsilon_1} \quad (3)$$

つぎに一定加工度の残留ひずみを固定した試験片とタンデムにバネを取りつけて, 再加熱温度 T_2 のもとでひずみの回復を行なわせ, このときの試験片の縮みの寸法からバネの伸びを読みとって試験片にかかった応力を算出する. このときの応力の測定に用いたバネは4種で Table I に示すようなものである.

Table I. Kind of spring.

Number of turn	Wire diameter (cm)	Spring length (cm)	Coil diameter (cm)	Spring constant (g/cm)
C 104	0.0625	7.95	0.505	14.26
D 95	0.0670	7.62	0.500	25.45
E 71	0.0915	8.13	0.426	108.45
F 54	0.100	7.53	0.540	213.10

4 実験結果とその考察

4・1 ひずみ回復曲線

Fig. 2 (a)~(d)はひずみ回復曲線を示したもので, 無荷重とバネを使用したときのひずみの回復率を比較するために, 加工温度を 100°C 一定のもとで, 加工度 ($\varepsilon_1=50\%$, 100%) および再加熱温度 ($T_2=90^\circ\text{C}$, 100°C) を変化させたときのひずみの回復率を時間に対して片対数目盛にプロットしたものである. これらのグラフからわかるように, 再加熱温度が 90°C のときには, 加工度 50% および 100% のときでもバネ C からバネ F まで回復経過時間とともに徐々に回復が起きているが, 再加熱温度が 100°C になると初期においては回復は急激に起きている, その後緩やかに一定値に収束していく傾向にある. しかしながら再加熱温度が 100°C では, 加工度が 50% のときも 100% のときもバネ定数大きいバネ E, F を使用したときには, すみやかに起こる残留ひずみの回復がバネによって妨げられるために, ある時間においてついにクリープ現象が現われてくる. 本文ではクリープの起こらないものだけをとり出して弾性係数の概算値を求めることが目的であるためにクリープの起きているものを省くことにした. したがって, 回復中バネに作用する力は自然回復を妨げるに要する力の大きさを示しているから, いず

Fig. 2. The strain recovery curve.

れの温度においても無荷重のときの回復ひずみはバネを使用したときの回復ひずみより大きく現われ, またバネ定数の大きいものほどいずれの時間においても回復ひずみが小さくなっている.

Fig. 3 は無荷重における回復ひずみが再加熱温度によっていかに影響されるかを比較したもので, 縦軸に回復率をとり, 横軸に時間をとって片対数目盛にプロットしたものである. Fig. 3 (a)は $\varepsilon_1=50\%$ のときの回復率を, Fig. 3 (b)は $\varepsilon_1=100\%$ のときの回復率を示してある. これらのグラフから, $\varepsilon_1=50\%$ のときでも

Fig. 3. The strain recovery curve.

100%のときでもいずれの時間においても再加熱温度が高いほど大きな回復率を示している。これは再加熱温度が高くなると試験片は柔らかくなって残留ひずみの回復がすみやかに起こりやすいものと考えられる。パネを使用したときもこの場合と同じ傾向を表わしている。

Fig. 4 は一定の再加熱温度において、加工度を変えたときに回復ひずみが $\varepsilon_1=50\%$ のときと 100% のときでは各時間に対してどれほどの差をもっているかを示したひずみ回復曲線である。ここで、Fig. 5 (a) は無荷重における $T_2=90^\circ\text{C}$ のときのひずみ回復曲線であり、Fig. 4 (b) は $T_2=100^\circ\text{C}$ のときの回復曲線である。再加熱温度がいずれの条件のもとでも加工度の低いほうがどの時間においても大きな回復率を表わし、ほぼ平行に増加している。しかし、Fig. 3 に示したひずみ回復曲線では回復の初期においては回復率に相当な差をもち、時間の経過とともに無荷重のときの曲線に近づきながら平行となっていく。これらのことから、回復の初期においては、一定の再加熱温度のもとで加工度を変えたときよりも、一定の加工度の試験片に再加熱温度を変えてひずみの回復をさせたほうが回復ひずみに大きな影響を与えていることがわかる。

Fig. 4. The strain recovery curve.

4.2 回復時における弾性ひずみについて

任意の時間に、パネによって生ずる全ひずみ ε は

$$\varepsilon = \varepsilon_1 \left[\left(\frac{\varepsilon_r(t)}{\varepsilon_1} \right)_{P=0} - \left(\frac{\varepsilon_r(t)}{\varepsilon_1} \right)_P \right] \quad (4)$$

で表わされる。この式の ε_1 の値は加工度 50% に対して $\varepsilon_1=0.5$ を、加工度 100% に対して $\varepsilon_1=1.0$ を代入する。

この実験において、弾性ひずみを直接正確に測定することは困難であるため、ここで著者らは測定開始時から3分経過したときの全ひずみ、すなわちそのときの回復ひずみと無荷重の場合の回復ひずみとの差がすべて弾性ひずみであるとみなして、回復経過中のいずれの時間においても、近似的に同一の弾性ひずみをも

Fig. 5. The strain recovery curve.

って回復が起こっていると仮定すれば、各時間における弾性ひずみを除いたひずみ回復曲線が得られる。これがFig. 5のIIIの曲線である。また、3分のときの弾性ひずみとパネの作用によって試験片にかかった応力とから弾性係数を求め、このときの弾性係数がひずみの回復経過中いずれの時間においても一定であると仮定すると、各時間における弾性ひずみを算出することができる。Fig. 5のIIの曲線は弾性ひずみを除いて引いた曲線である。ここでIの曲線は無荷重のときのひずみ回復曲線であり、IVの曲線はパネFによって荷重がかかったときのひずみ回復曲線である。しかしIとIIの曲線間のひずみはパネの力によって抑制されて減少したひずみの量であり、これが永久ひずみである。

このグラフから明らかなように、IとIIの間隔が回復の経過時間とともに徐々に広がっている。すなわち時間が経過するにつれて永久ひずみが大きく現われ

Fig. 6. A plot of permanent strain.

ていることを示している。

4・3 回復時における永久ひずみについて

Fig. 6 は一定の加工度と再加熱温度におけるおのこのバネに対する永久ひずみの比較を表わしたものである。縦軸に永久ひずみを取り、横軸に時間をとって片対数目盛にプロットした。一定の加工度のもとで再加熱温度が変わってもバネ定数の大きいバネほど大きな永久ひずみが生じていることがわかる。このことはバネ定数の大きいバネほど自然に回復するひずみを抑制する力が大きいため、ひずみの回復が起こりにくくなるためだと考えられる。Fig. 6 (a)に示すグラフの $\epsilon_1 = 50\%$, $T_2 = 90^\circ\text{C}$ の条件のもとではバネ C , D によって生じた永久ひずみが回復の途中で最大値をもち、時間の経過とともに減少している。これは回復開始時から最大値をもつ時間まで全ひずみすなわち無荷重による回復ひずみとバネによる回復ひずみの差が増加していくが、これから後は全ひずみは徐々に減少しながらひずみの回復が起こるために永久ひずみに最大値をもたらす結果となった。

5 結 言

硬質塩化ビニルを再加熱したときの回復ひずみ中の

弾性ひずみを算出し、あわせて永久ひずみを求めた。以上の結果から、無荷重のときとバネを使用したときの回復ひずみの差がバネの力によって抑制されたもので、このひずみはすべて弾性ひずみではなく永久ひずみも含まれていることを確証した。

最後に、本研究を行なうに際して当研究室の学生であった植田 稔, 北原 繁, 猿渡基裕諸君の熱心な協力を得たことに感謝の意を表する。

Nomenclature

l_0 : Length of specimen before working

l_1 : " " after " "

$l_{(t)}$: Length of specimen at a certain time

ϵ : Strain in the test piece

$(\epsilon_{r(t)}/\epsilon_1)_{P=0}$: The recovery ratio in no-load

$(\epsilon_{r(t)}/\epsilon_1)_P$: The recovery ratio in using the spring

参 考 文 献

- 1) Nakagawa Y., and H. Sugita, Proc. 11th. Jap. Cong. Mat. Res., 137 (1968).