

연신후 승온열처리한 PP filament의 역학적 성질에 관한 연구

A Study On the Mechanical Properties of Isothermally Annealed after Elevated heating of drawn PP filaments

이은우*
Eun-Woo Lee*

<Abstract>

The change of mechanical properties of drawn PP filaments which was treated by isothermally annealed after elevated heating. Measurements were carried out with UTM for mechanical properties. Isothermally heat treatment were carried out 100°C, 120°C, 140°C for 10min., 30min., 60min, in silicon oil bath. And isothermally heat treatment after elevated heating from 20°C were carried out 100°C, 120°C, 140°C for 10min., 30min., 60min., with heating rate of 1°C/min., 5°C/min., 10°C/min. From the results of this study, it found the following facts. Initial modulus and tensile strength were increased with increasing of annealed temperature and time. Also initial modulus of tensile strength of samples which were isothermally annealed after elevated heating from 20°C were higher than those of isothermally annealed samples.

Key Words : *Mechanical properties, Heat treatment, Initial modulus, Tensile strength, Heating rate Isothermally heat treatment, Elevated heating*

1. 서론

산업의 발달과 더불어 소비자의 요구가 다양해 짐에 따라 섬유산업도 많은 발전을 이루었으며 특히 섬유의 신소재 개발에 관한 연구와 노력이 지속되고 있는 실정이다. 특히 최근에는 신합섬의 붐이 일어나면서 새로운 섬유 신소재들이 개발되고 있는 실정이며 특히 과거에는

화학구조 특성상 열적안정성이 낮고 염색성도 다른 섬유에 비해 떨어지는 단점 때문에 의류용 섬유로서는 거의 사용하지 못한 PP 섬유에 관해 현재 많은 연구가 이루어지고 있으며 지금은 오히려 꿈의 소재로서 많은 각광을 받고 있는 실정이다. 그러나 아직도 의류용 섬유로서 사용하기에는 많은 제약을 받고 있는 실정이다.

* 정희원, 영남이공대학 섬유패션산업 계열 교수, 工博, 영남대학교 대학원 졸업
705-037 대구 남구 대명 3·7동 1737
ewlee@ync.ac.kr

* Prof., Division of Textile Fashion Industry, Yeungnam College of Science & Technology
1737 Taemyeung-dong, Nam-gu, Taegu, 705-037, Korea

특히 공정상에서 가해지는 여러가지 열처리에 의해 섬유의 물성의 변화가 일어날 것으로 생각된다.

지금까지 발표된 PP 섬유에 관련된 국내외의 연구논문을 살펴보면 Yang¹⁾ 등은 PP 섬유에 무기입자를 충전시킨 복합섬유의 역학적 성질에 관해 연구하였으며, Gupta^{2)~5)} 등은 PP섬유의 열처리 조건에 따른 결정화도의 변화와 물성과의 관계에 대해 연구하였다.

또한 Bose⁶⁾ 등은 긴장 및 무긴장하에서 열처리한 PP섬유의 역학적 성질의 변화에 관해 연구 결과를 발표하였으며 Young⁷⁾ 등은 용융시킨후 재결정화시킨 PP섬유의 결정형태 및 결정구조에 관해 연구를 하였다.

李⁸⁾ 등은 연신비를 달리한 PP filament의 긴 열처리에 따른 구조와 물성에 관한 연구에서 결정화도 및 미결정의 크기는 연신비 및 열처리온도가 증가함에 따라 증가하며 초기탄성률 및 인장강도 역시 열처리 온도의 증가와 함께 증가한다고 보고하고 있다.

이외에도 많은 연구자들에 의해 PP섬유의 구조와 물성에 관한 많은 연구가 이루어지고 있으나^{9)~11)} 승온 열처리에 의한 PP 섬유의 역학적 성질의 변화에 대해서는 아직 많은 연구가 이루어지지 않고 있는 실정이다.

따라서 전보¹²⁾에서는 연신한 Polypropylene 섬유의 승온열처리에 의한 결정구조의 변화에 관해 연구하였으며 이번 연구에서는 연신한 Polypropylene 섬유의 승온열처리에 의한 역학적 성질의 변화에 관해 조사 하였다.

2. 실험

2-1 시료제작

시료는 (주) S 종합화학에서 제공받은 PP chip (MI = 16)을 pilot 방사기를 이용하여 600m/min.의 속도로 방사한후 3배로 연신하고 이들의 시료를 알루미늄 호일로 밀봉하여 실리콘오일 욕조 내에서 소정의 온도 (100°C, 120°C, 140°C)에서 소정의 시간(10min., 30min., 60min.)동안 등온열처리 하였으며, 승온열처리는 승온속도를 달리하여 실온에서 소정의 온도(100°C, 120°C, 140°C)까지 승온시킨 다음 소정의 시간(10min.,

30min., 60min.)에서 열처리를 행하였다.

2-2 승온속도의 변화

승온속도를 변화시키기 위해서 실리콘오일 욕조에 transformer를 연결시켜 전류의 변화로서 승온속도를 변화시켰으며 승온은 1°C/min., 5°C/min., 10°C/min.의 속도로 승온을 시켰다.

2-3 역학적 성질

시료의 역학적 성질은 만능인장강신도 시험기(Instron 4466 美)를 사용하여 초기탄성률, 인장강도, 및 신도를 측정하였으며 측정조건은 Table 1과 같다.

Table 1. Measuring Conditions

Full scale	Chart speed	Cross head speed
5Kg	100 mm/min.	100 mm/min.

3. 결과 및 고찰

Fig. 1 ~ Fig. 3은 연신후 소정의 온도에서 등온열처리한 PP filament의 초기탄성률, 인장강도 및 신도의 변화를 나타낸 그림이다.

열처리온도 및 시간이 증가함에 따라 초기탄성률, 인장강도의 값은 점차 증가하는 경향을 나타내고 있으나, 신도는 점차 감소하는 경향을 나타내고 있다.

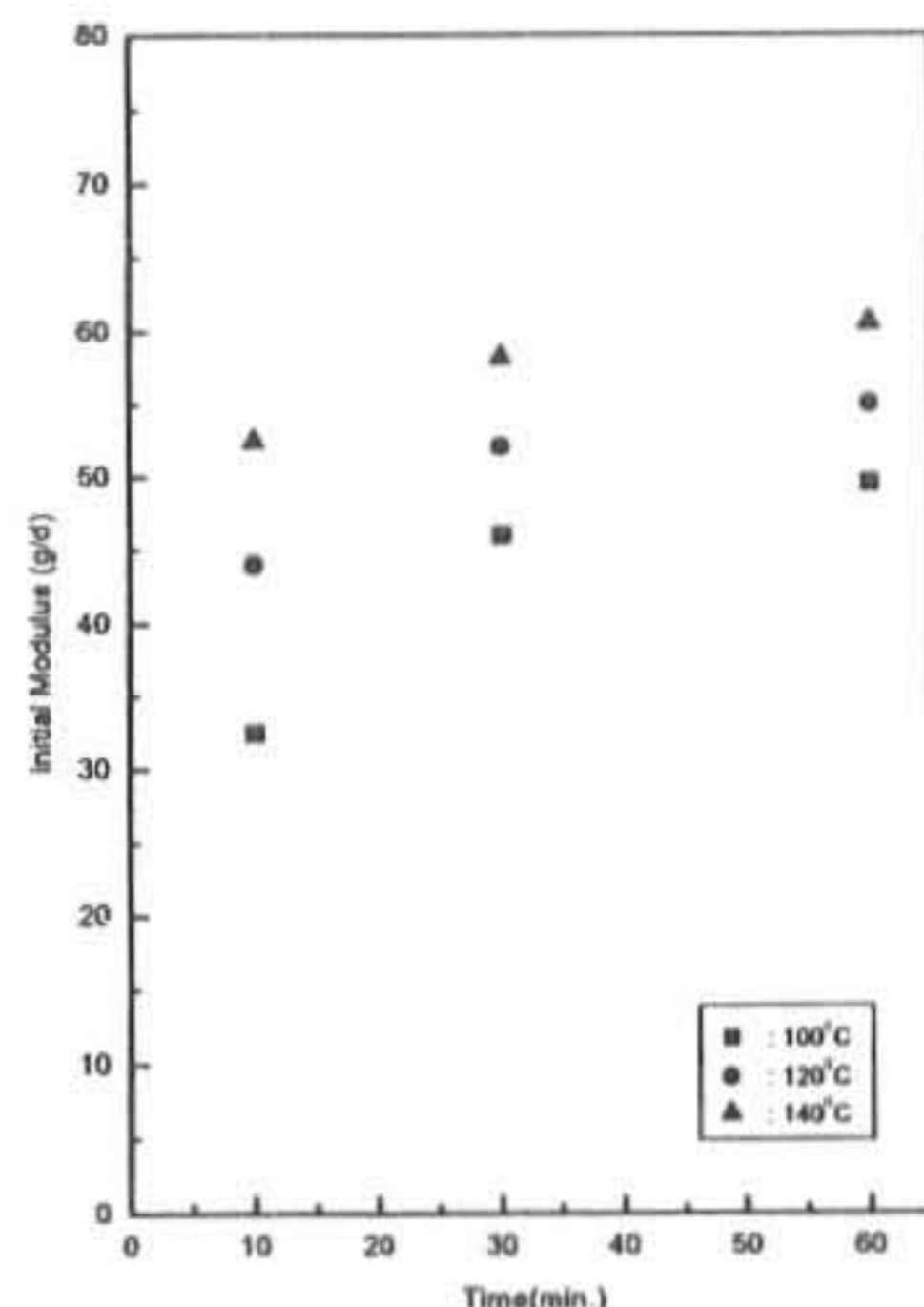


Fig. 1 Initial Modulus of drawn PP filament treated with heat treatment for various time

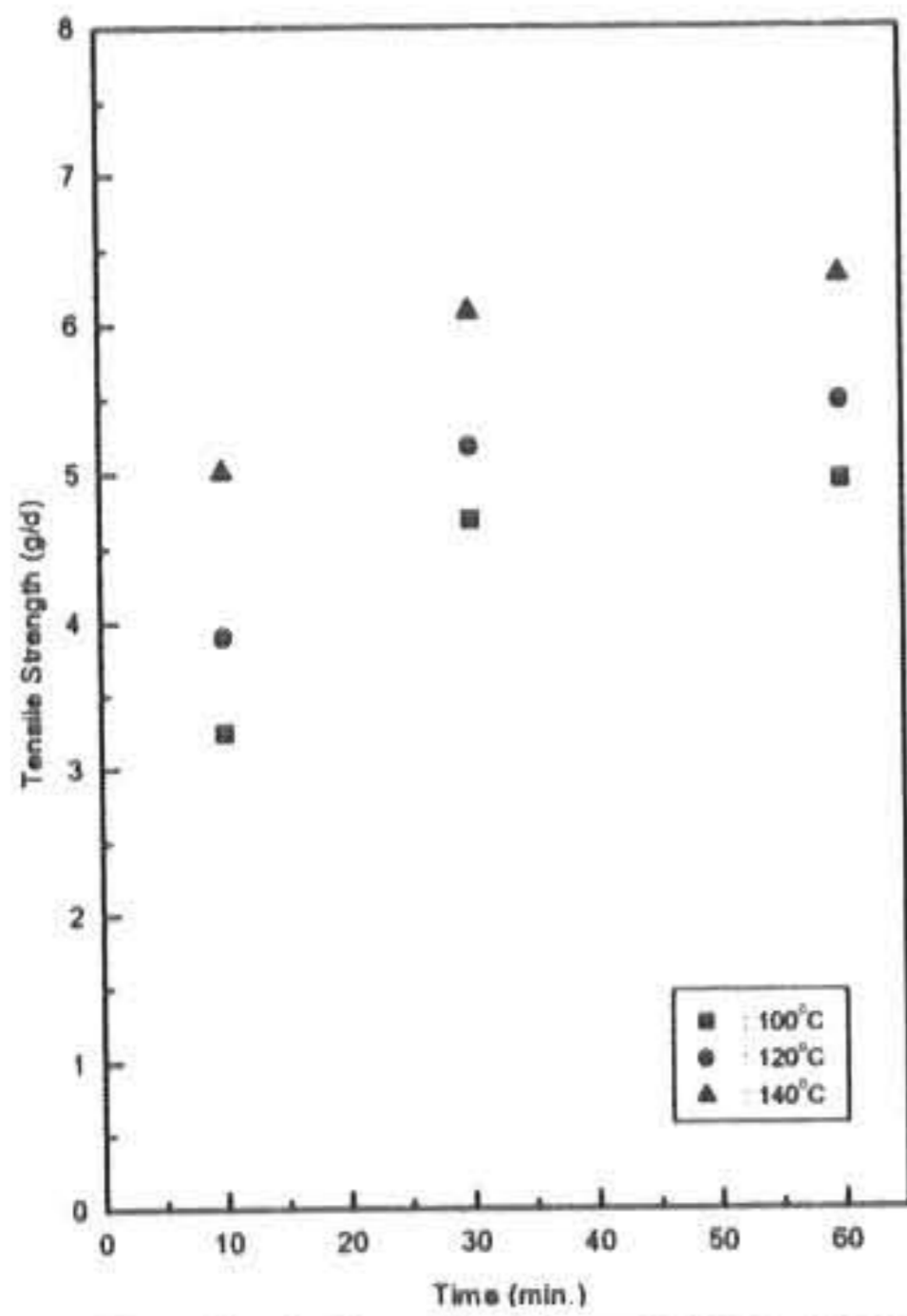


Fig. 2 Tensile Strength of drawn PP filament treated with heat treatment for various time

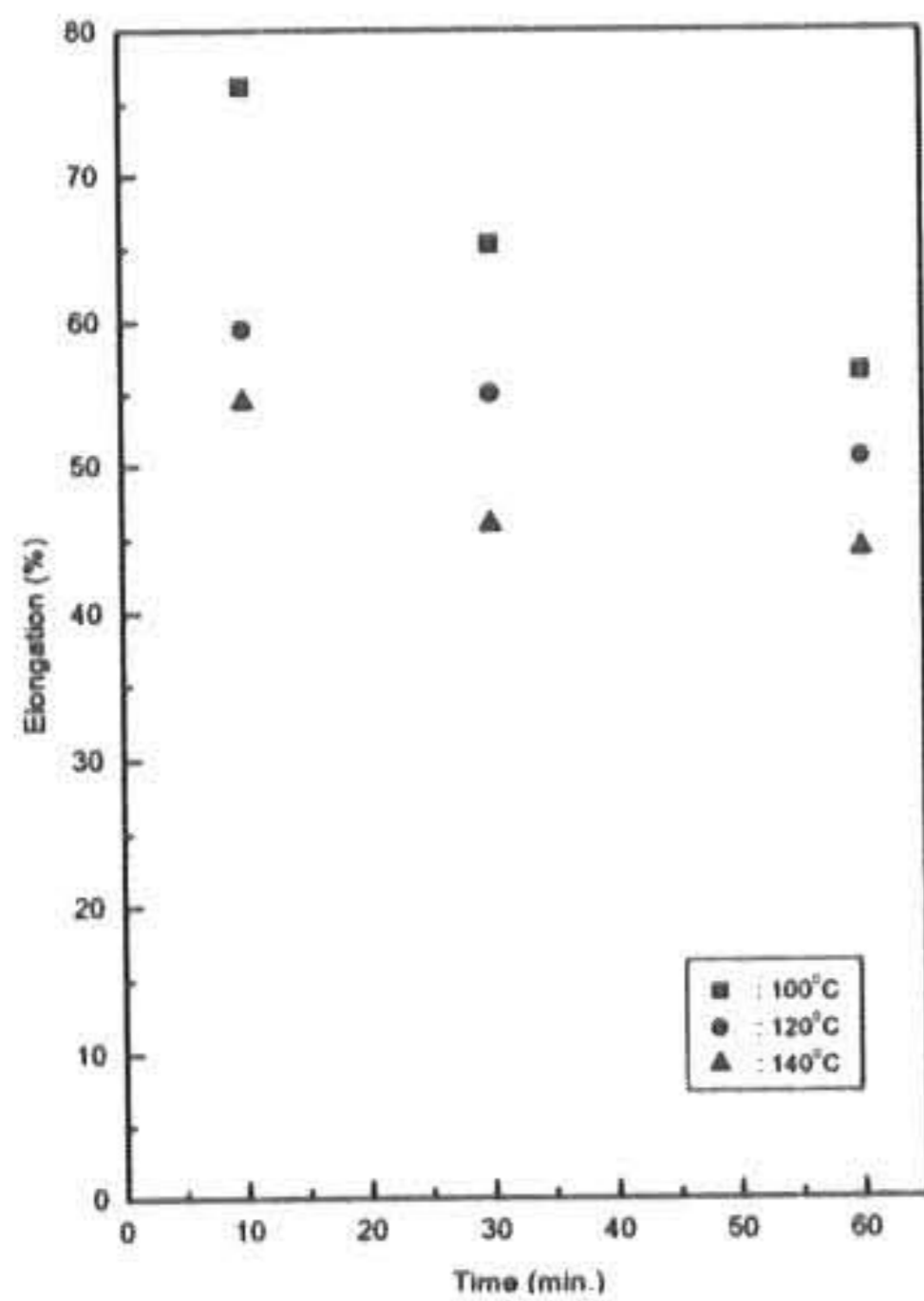


Fig. 3 Elongation of drawn PP filament treated with heat treatment for various

이는 전보¹²⁾의 결정화도의 변화에서도 나타났듯이 열처리시간 및 열처리온도가 증가함에 따라 결정영역 및 비결정영역을 형성하고 있는 분자쇄의 질서의 정도가 좋아지게 되며 특히 결정영역과 비결정영역을 형성하는 마이크로 피브릴내의 Tie Molecular Chain의 수가 점차 증가하여 인장강도 및 초기탄성률의 값은 증가하고반면에 신도는 점차 감소하는 것으로 생각된다.

Fig. 4 - fig. 6 은 연신한 시료를 승온속도를 1°C/min.로 소정의 온도까지 승온한 후 소정의 시간 동안 등온열처리 시킨 PP filament의 초기탄성

률, 인장강도 및 신도의 변화를 나타낸 그림이다.

열처리시간 및 열처리온도가 높아짐에 따라 초기탄성률 및 인장강도는 점차 증가하는 경향을 나타내고 있으나 신도는 감소하는 경향을 나타내고 있다. 또한 앞의 등온열처리 한 시료에 비해 승온열처리한 시료가 초기탄성률, 인장강도는 증가한 경향을 나타내고 있으며 신도는 감소하는 경향을 나타내고 있다.

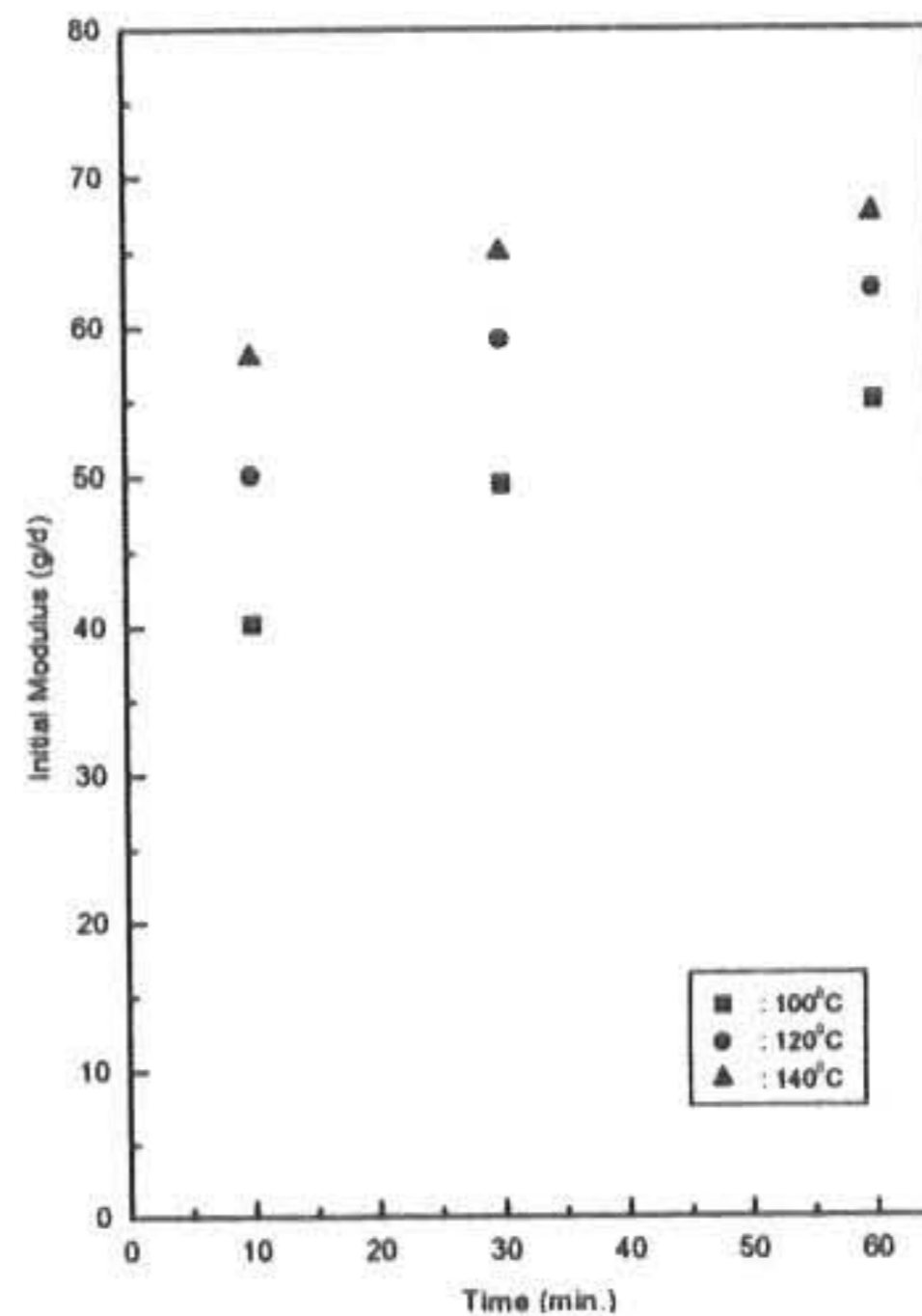


Fig. 4 Initial Modulus of drawn PP filament treated with isothermally annealed after heating elevated from 20°C (Heating rate : 1°C/min.)

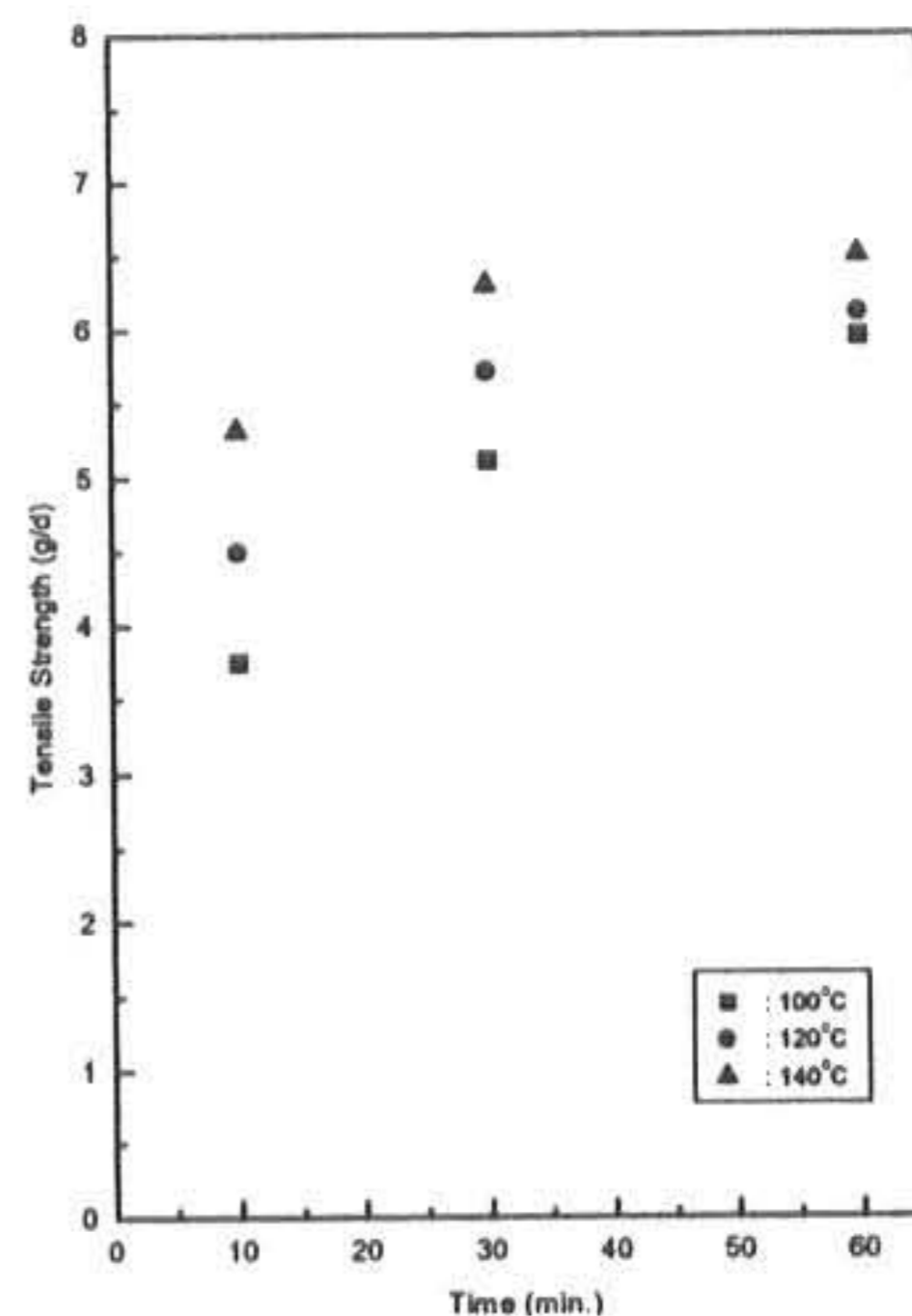


Fig. 5 Tensile Strength of drawn PP filament treated with isothermally annealed after heating elevated from 20°C (Heating rate : 1°C/min.)

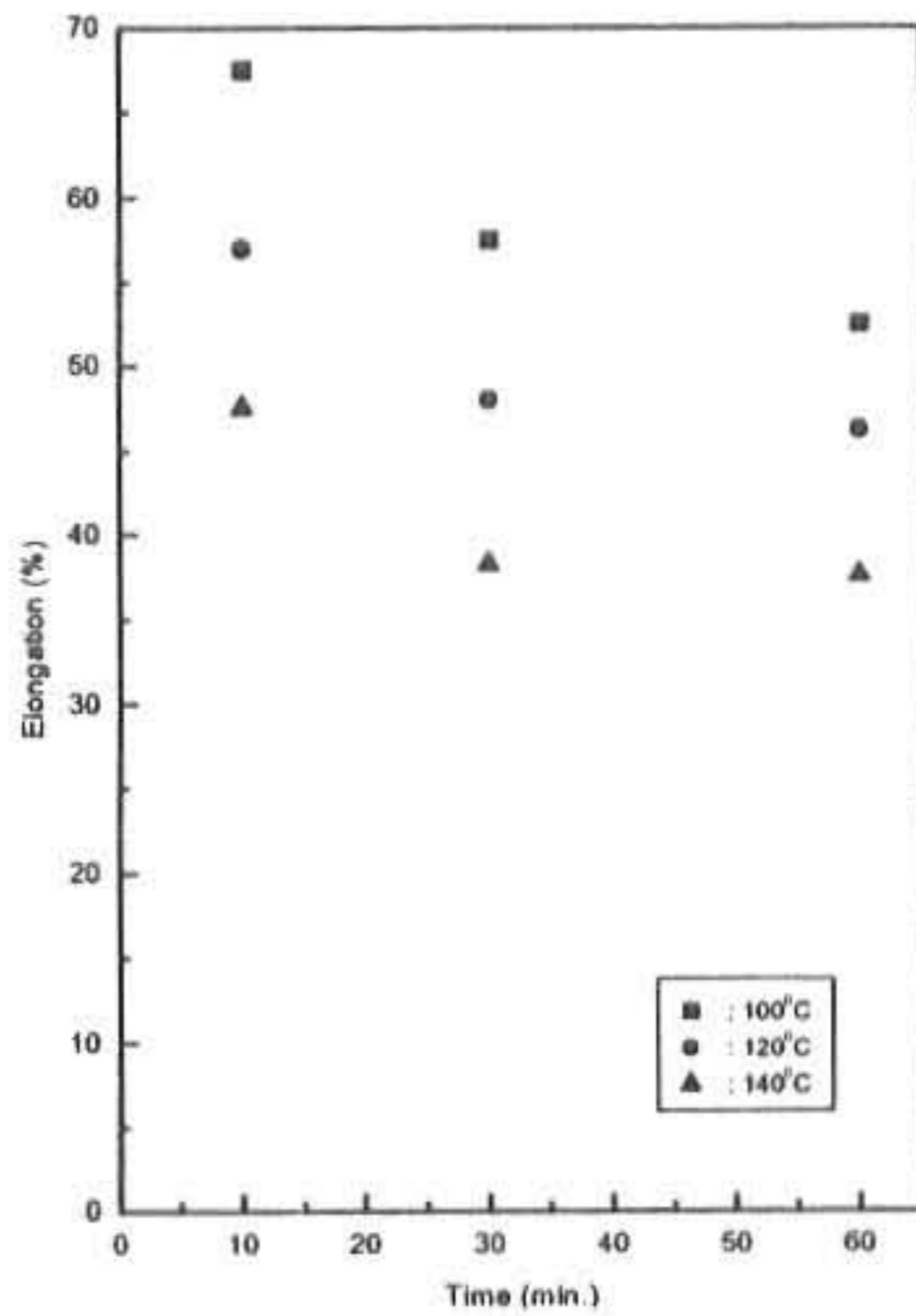


Fig. 6 Elongation of drawn PP filament treated with isothermally annealed after heating elevated from 20°C (Heating rate : 1°C/min.)

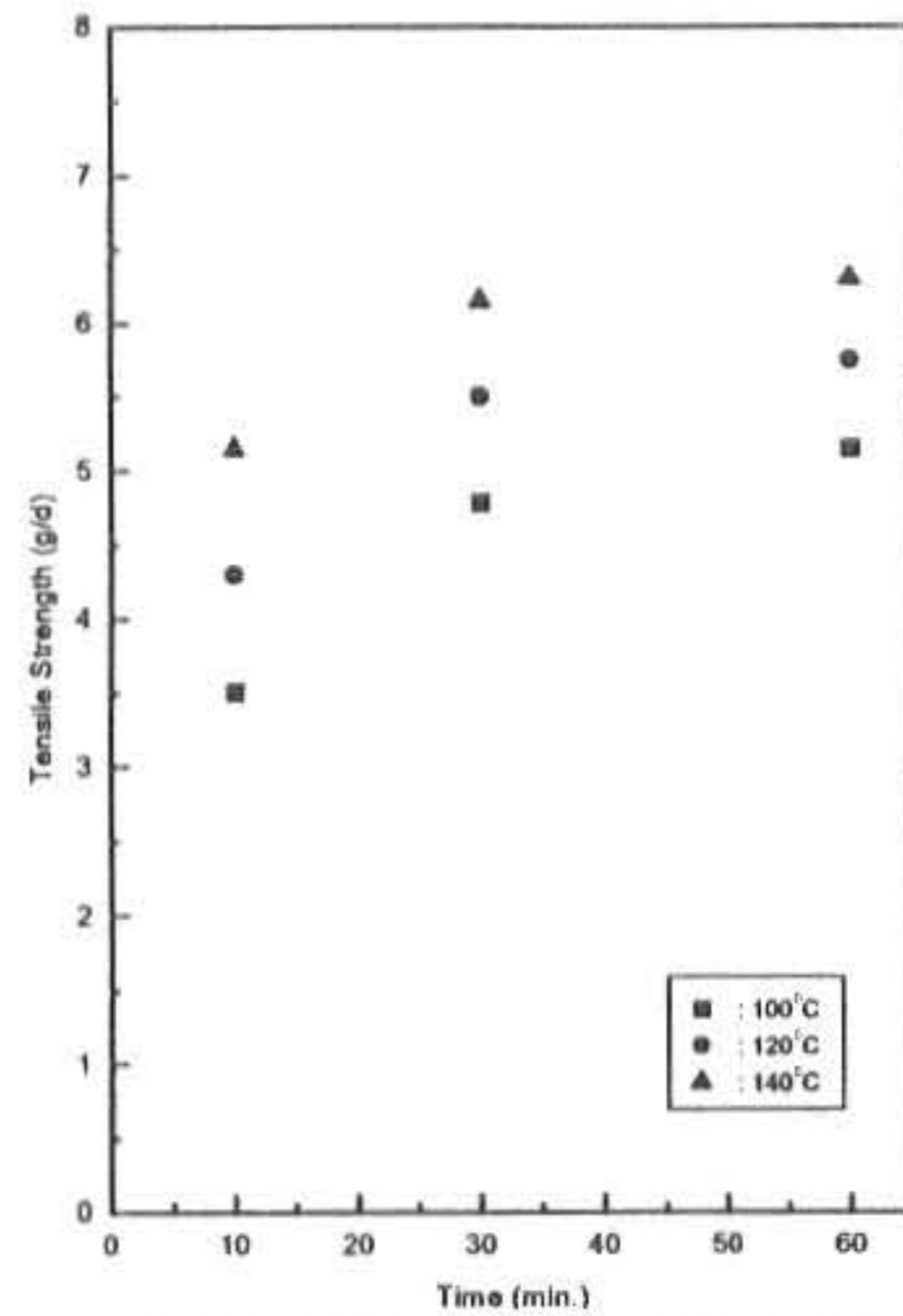


Fig. 8 Tensile Strength of drawn PP filament treated with isothermally annealed after heating elevated from 20°C (Heating rate : 5°C/min.)

Fig. 7 ~ fig. 9 는 승온속도를 5°C/min로 소정의 온도까지 승온시킨 후 소정의 시간동안 등온열처리 시킨 PP filament의 초기탄성률, 인장강도 및 신도의 변화를 나타낸 그림이다.

앞의 경우와 마찬가지로 열처리온도 및 열처리 시간이 길어질수록 초기탄성률 및 인장강도는 증가하고 있으나 신도는 점차 감소하는 경향을 나타내고 있다. 또한 승온속도를 1°C/min.로 승온시킨 시료에 비해 초기탄성률 및 인장강도는 다소 감소하고 신도는 다소 증가하는 경향을 나타내고 있다.

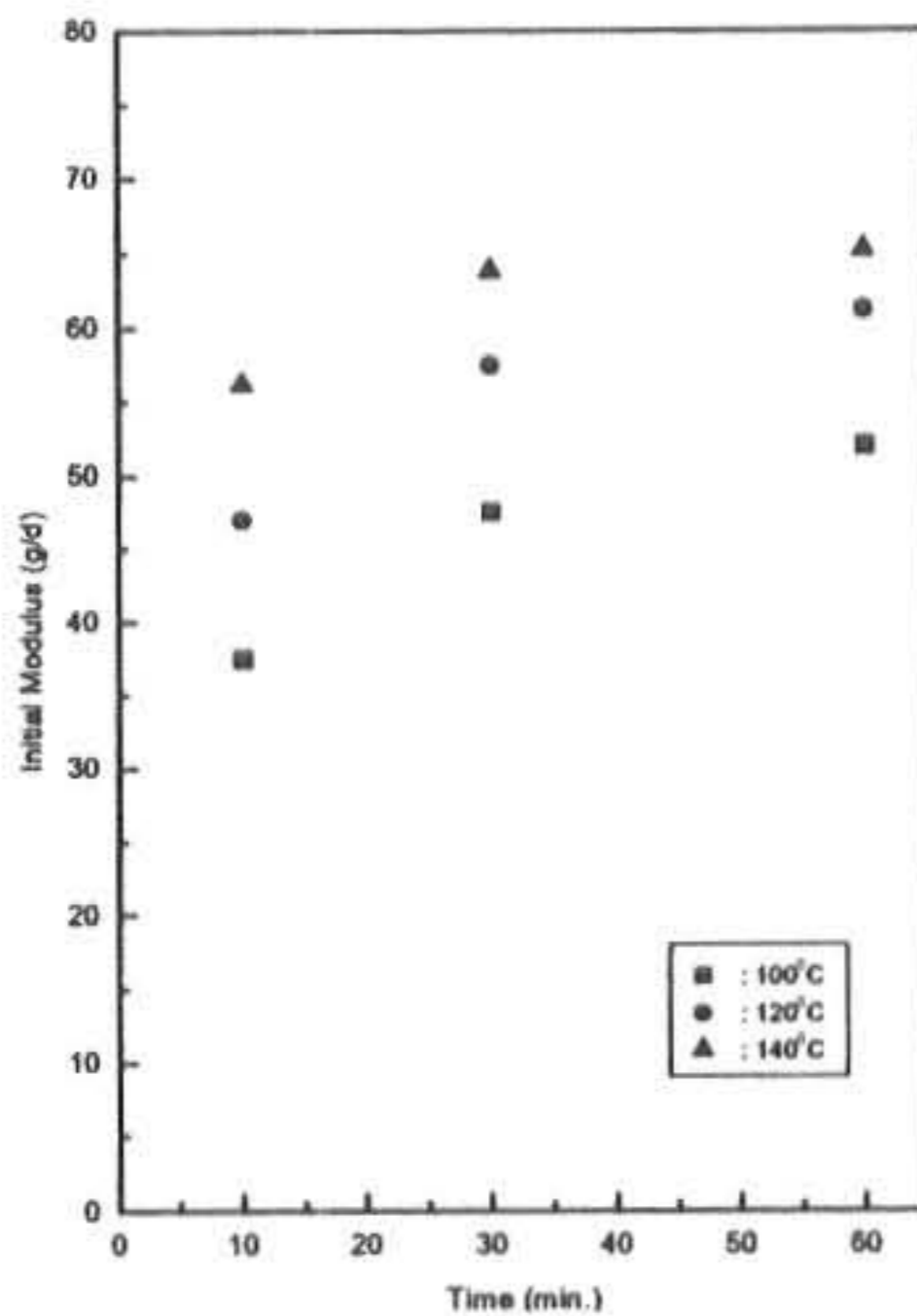


Fig. 7 Initial Modulus of drawn PP filament treated with isothermally annealed after heating elevated from 20°C (Heating rate : 5°C/min.)

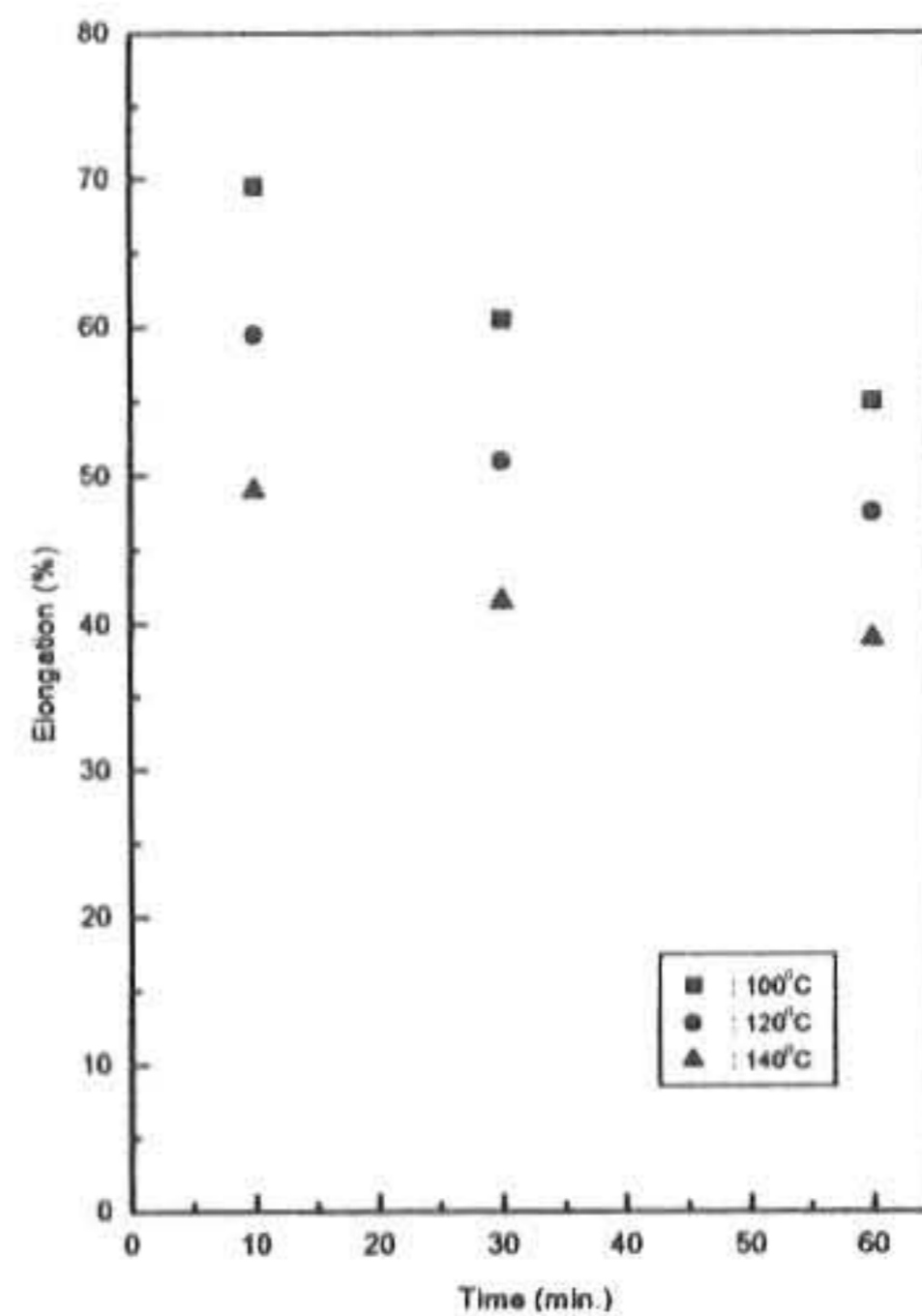


Fig. 9 Elongation of drawn PP filament treated with isothermally annealed after heating elevated from 20°C (Heating rate : 5°C/min.)

Fig. 10 ~ fig.12 는 승온속도를 10°C/min.로 소정의 온도까지 승온시킨후 소정의 시간 동안 등온열처리시킨 PP filament의 초기탄성률, 인장강도 및 신도의 변화를 나타낸 그림이다.

앞의 경우와 마찬가지로 열처리온도 및 열처리 시간이 길어짐에 따라 초기탄성률 및 인장강도는 점차 증가하는 경향을 나타내고 있으나 신도는 감소하는 경향을 나타내고 있다.

또한 승온속도 5°C/min. 로 승온시킨 시료에 비해 초기탄성률 및 인장강도는 다소 작은 값을 나타내고 있으나 신도는 다소 높은 값을 나타내고

있다. 이와같이 승온열처리한 시료의 초기탄성률 및 인장강도의 값이 등온열처리한 시료보다 다소 높은 경향을 나타내는 이유는 전보¹²⁾ 에서도 밝혔듯이 승온열처리가 등온열처리에 비해 승온시킨 시간 만큼 열처리시간이 길어서 긴 시간에 걸쳐 결정화도가 진행되어 결정입자의 수가 많아진 결과 결정화도가 증가 했기 때문이라 생각되며, 이와 같은 현상은 등온열처리와 같이 섬유고분자 물질을 갑자기 저온에서 고온으로 투입하는것보다 실온에서 서서히 승온시켜 고온으로 도달시킨 후에

등온열처리 하면 결정핵 형성의 기회가 많아져 결정화도가 증가하여 초기탄성률 및 인장강도의 값은 증가하나 신도는 낮아지는 것으로 생각된다.

또한 승온속도 변화에 따른 초기탄성률, 인장강도의 변화는 승온속도가 느릴수록 이들의 값이 다소 높은 경향을 나타내고 있는데 이와같은 현상은 승온속도가 느릴수록 결정입자의 생성 및 결정화도가 진행되는 시간이 길어지기 때문에 결정입자수의 증가 및 결정화도의 증가에 따라 초기탄성률 및 인장강도가 다소 높아진 것이라 생각된다.

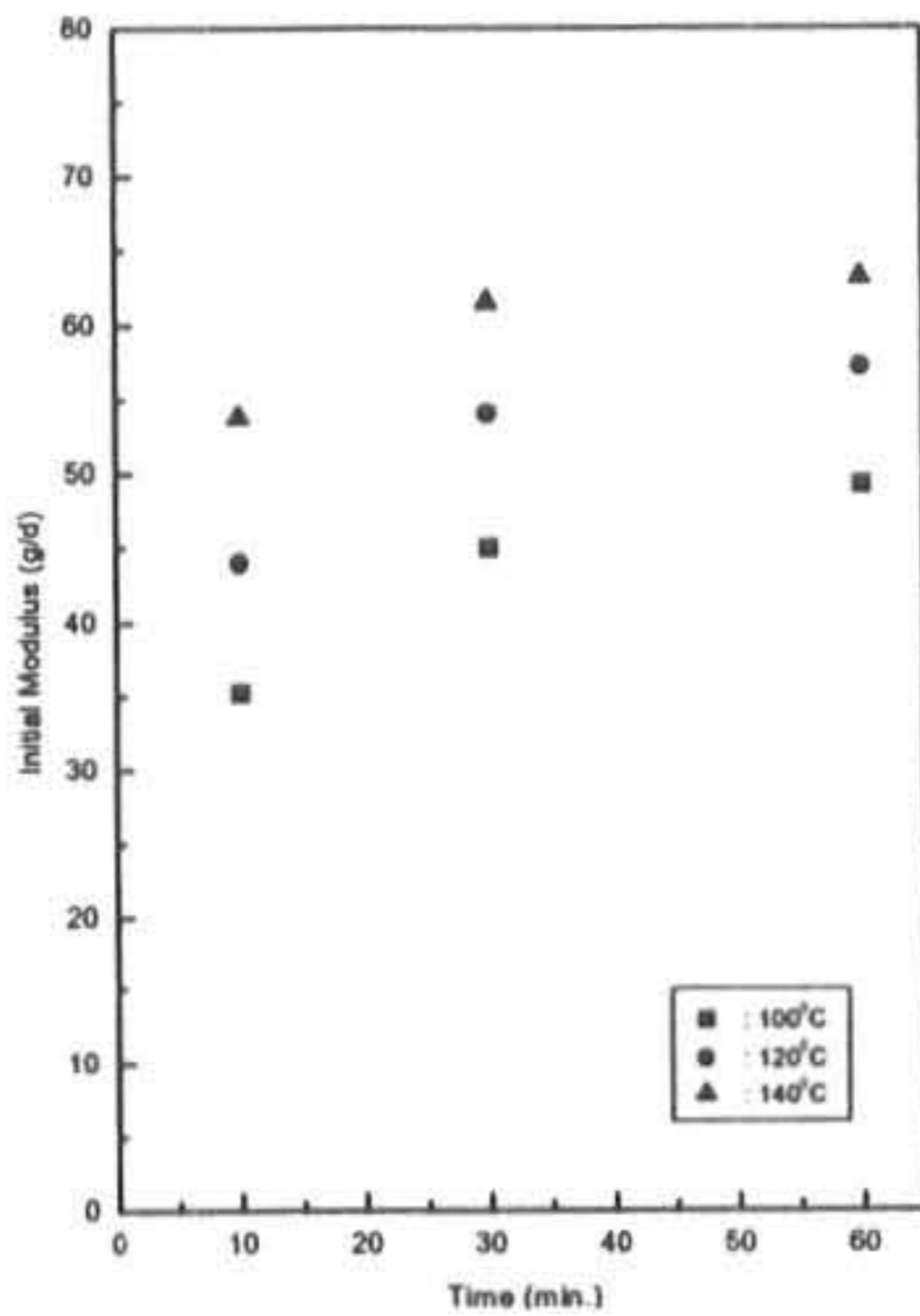


Fig. 10 Initial Modulus of drawn PP filament treated with isothermally annealed after heating elevated from 20°C (Heating rate : 10°C/min.)

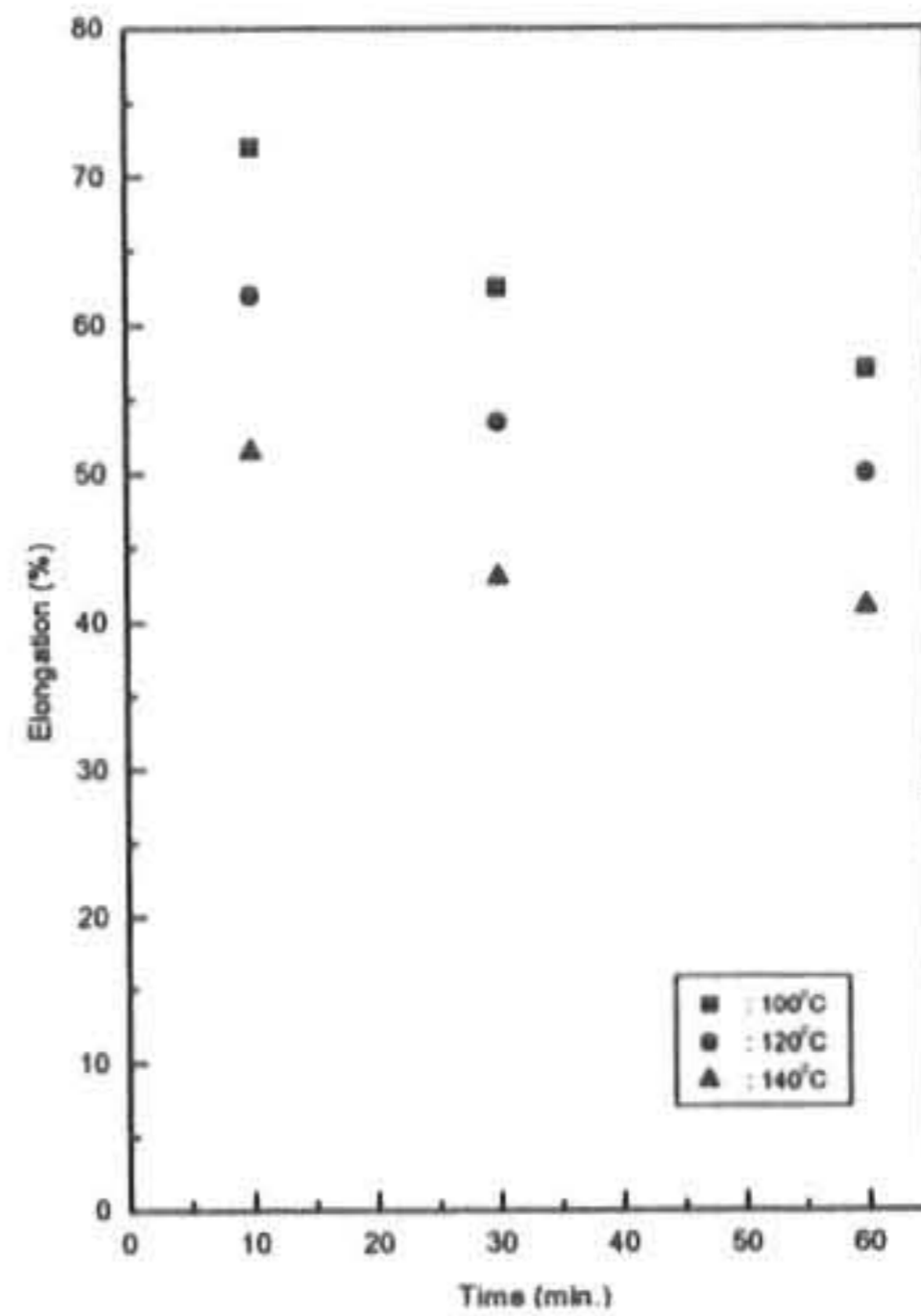


Fig. 12 Elongation of drawn PP filament treated with isothermally annealed after heating elevated from 20°C (Heating rate : 10°C/min.)

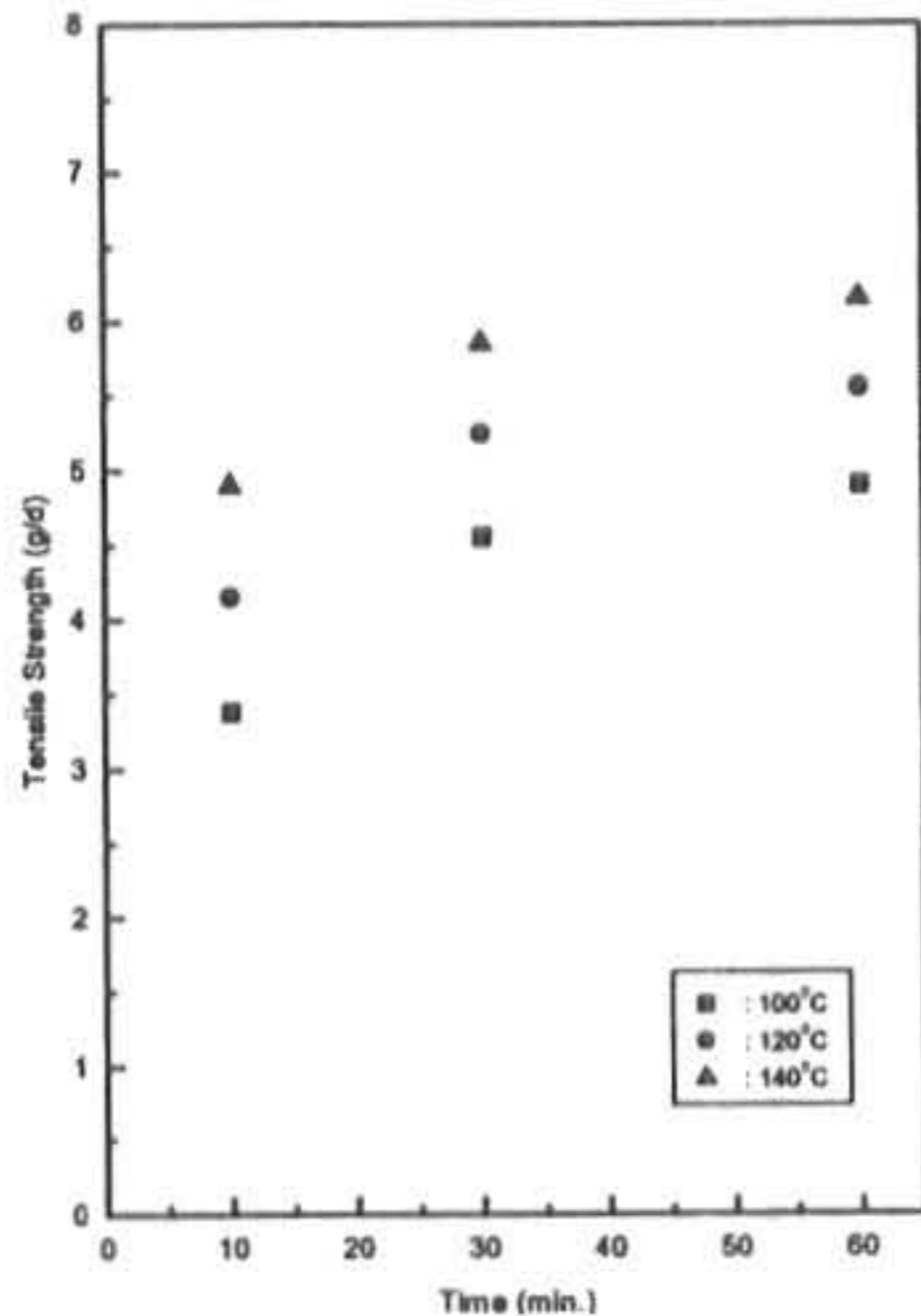


Fig. 11 Tensile Strength of PP filament treated with isothermally annealed after heating elevated from 20°C (Heating rate : 10°C/min.)

4. 결론

연신한 PP filament를 등온열처리 및 승온속도를 달리하여 승온시킨후 등온열처리 시킨 시료의 초기탄성률, 인장강도, 및 신도의 변화를 만능인장강신도기를 이용하여 조사한 결과 아래와 같은 결론을 얻었다.

- (1) 열처리시간 및 열처리 온도가 증가함에 따라 초기탄성률 및 인장강도는 증가하나 신도는 감소하는 경향을 나타내었다.
- (2) 등온열처리한 시료에 비해 승온열처리한 시료가 초기탄성률 및 인장강도는 증가하나, 신도는 감소하는 경향을 나타내었다.

- (3) 승온속도변화에 따른 초기탄성률 및 인장강도의 변화는 승온속도가 느릴수록 이들의 값이 다소 높은 경향을 나타내었다.

참고문헌

- 1) W.D. Yang, and W.Y. Chiang, *J. of Appl. Polym. Sci.*, 5, 807 (1988)
- 2) V.B. Gupta and Statish Kumar, *J. of Appl. Polym. Sci.*, 26, 1865 (1981)
- 3) V.B. Gupta and Statish Kumar, *J. of Appl. Polym. Sci.*, 26, 1877 (1981)
- 4) V.B. Gupta and Statish Kumar, *J. of Appl. Polym. Sci.*, 26, 1885 (1981)
- 5) V.B. Gupta and Statish Kumar, *J. of Appl. Polym. Sci.*, 26, 1897 (1981)
- 6) D.J. Bose, *J. of Appl. Polym. Sci.*, 22, 2357 (1978)
- 7) A.J. Ryan, Young, *Polym.*, 35, (1994)
- 8) 이은우, 조인술 : *한국산업응용학회지*, 2, 61 (1999)
- 9) B. E. Tiganis and Yu Long, *J. of Appl. Polym. Sci.*, 59, (1996)
- 10) Bodor, G., Orell. M. and Kallo, A., *Fraserforsch. Textile-Tech.*, 15, (1964)
- 11) A. Sigmann, *J. of Appl. Polym. Sci.*, 27, 13 (1987)
- 12) 이은우, *한국산업응용학회지*, 3, 345 (2000)

(2002년 8월 17일 접수, 2002년 11월 23일 채택)