한국정밀공학회지 제 32 권 제 6 호 pp. 517-521 June 2015 / 517
J. Korean Soc. Precis. Eng., Vol. 32, No. 6, pp. 517-521 http://dx.doi.org/10.7736/KSPE.2015.32.6.517
ISSN 1225-9071(Print), ISSN 2287-8769(Online)

◆ 특집 ◆ 초소형 체결부품의 설계 및 생산기술

M1.4 초소형 나사의 CFRP 적층 경향에 따른 체결력 특성에 관한 연구

On Clamping Force Characteristics in M1.4 Subminiature Screw for CFRP Stacking Angles

김정호 [1], 나승우 [2], 김희성 [3], 김지훈 [3,✉]
Jung Ho Kim[1], Seung Woo Ra[2], Hee Seong Kim[3], and Ji Hoon Kim[3,✉]

1 조선이공대학교 자동차과 (Department of Automobiles, Chosun College of Science & Technology)
2 (주)서울금속 기술연구소 (Technology Research Center, Seoul Metal Co., Ltd.)
3 조선대학교 기계시스템공학과 (Department of Mechanical System Engineering, Chosun University)
✉ Corresponding author: kjh@chosun.ac.kr, Tel: +82-62-230-7843

Manuscript received: 2015.5.11. / Revised: 2015.5.21. / Accepted: 2015.5.21.

Recent development of core techniques the IT electronics industry can condense into lightweight and slimmer. In this circumstance, researches for the lightweight materials and subminiature screw have been attracted. In this study, the CFRP was produced by stacking angle to obtain the tensile properties. And Comparing the coated screws and non-coated screws on the specimen, and evaluating the adequacy for the application of CFRP using the result. So The clamping force measured by comparison evaluation. Low screw reverse and Superior torque value at each stacking angle were found the optimum conditions, when Subminiature Screw is applied on smart devices. Both tensile strength and stiffness of $[\pm 0°]_{10}$ is the highest. Followed by $[90°/0°]_{10}$ is the highest. The largest clamping torque is $[90°/0°]_{10}$ When Subminiature Screw is applied coating and non-coating to prevent loosening. Based on the above, Subminiature Screw should be applied in smart devices, because $[90°/0°]_{10}$ meet both tensile properties and clamping force.

KEYWORDS: CFRP (Carbon fiber reinforced plastic) (탄소섬유 강화 플라스틱), Stacking angle (적층 각도), Tensile test (인장 시험), Subminiature screw (초소형 나사), Clamping force (체결력)

기호설명

σ = Tensile Strength
ε = Strain
P = Axial Load
E = Elastic modulus

1. 서론

IT 산업 분야가 고도화되고, 전자기술이 발전함에 따라 IT 제품들의 주력 기술로 제품의 슬림화 및 경량화가 일반적인 추세이다. 특히 슬림화 및 경량화의 개발 및 적용이 빠른 휴대용 스마트

Copyright Ⓒ The Korean Society for Precision Engineering
This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

기기는 삼성전자의 갤럭시 S 시리즈와 애플의 아이폰 시리즈가 각각 세계 1,2위를 점유하고 있으며, 두 제조사를 비롯한 IT 관련 산업계는 제품의 두께와 무게를 줄이기 위하여 다양한 방법과 기술에 투자하고 있다. 이러한 휴대용 스마트기기의 슬림화와 경량화 추세에 따라 관련 부품 또한 소형화 및 고성능화가 필요하게 된다.[1]

본 연구에서는 휴대용 스마트기기의 경량화 추세에 따른 경량복합 소재의 적용을 검토하고 슬림화에 따른 초소형 체결부품의 적용시 체결력 특성을 고찰하여 스마트기기의 슬림화, 경량화에 따른 초소형나사의 CFRP 적용 시 섬유 배양각에 따른 체결력 특성의 기초데이터를 제공하고자 한다.

탄소섬유강화복합재료(이하 CFRP)는 비강도, 비강성이 높고 중량이 가벼워 여러 산업 분야에서 주목 받고 있는 대표적인 경량화 재료이다.[2] 그러나 CFRP는 등방성을 가지는 금속과 달리 탄소섬유와 플라스틱을 조합하여 성형된 재료로서 적층조건에 따라 기계적 특성이 다르게 나타나 인장과 굽힘과 같은 하중조건에 따른 파단 및 파괴 특성예측을 위한 많은 연구들이 진행되고 있다.[3] Kim등[4-7]은 CFRP를 적층각도 변화에 따라 사각과 원형 튜브형태로 구조체를 제작하여 축압축과 굽힘에 따른 CFRP 재료특성을 평가 하여 구조재 적용에 대한 기술을 확보하였고 초소형나사의 CFRP 복합재에 적용하기 위하여 기본 적층각이 45°를 이루고 있는 적층판을 대상으로한 적용성 평가를 통해 섬유의 각도, 배열 등 적층경향에 따라 강도 및 체결력이 다르다는 것을 확인하였다. 또한 초소형 나사를 휴대용 기기에 적용하기 위해서는 실제 환경과 동일한 시험편을 대상으로 평가하는 것을 제안하고 있다.

이에 따라 본연구에서는 CFRP 적층판 제작시 사용되는 대표적 적층각도인 0°, 15°, 45°, 90°, 0°/90°를 대상으로 적층각도별 인장특성 및 초소형 M1.4 나사 체결력 특성을 파악하여 슬림화, 경량화 휴대용 스마트기기에 CFRP 적용 시 섬유 배양각에 따른 체결력 특성을 고찰하고 향후 제품설계에 필요한 섬유 배향각에 따른 기초데이터를 제공하고자 한다.

단 본 논문에서는 CFRP 적층판의 드릴가공 및 탭가공 후 초정밀나사와 체결력 평가만을 고려하였고 드릴가공 및 탭가공시 발생할 수 있는 섬유의 파단 수지의 파괴에 따르는 강도, 강성의 변화는 고려하지 않았고 추후 별도의 연구에서 이에 대한 부분의 특성 연구를 진행하고자 한다.

2. 실험방법

2.1 시험편

시험편은 SK Chemical Co. 의 Uni-direction prepreg sheet(USN125A)를 사용하였으며, 탄소섬유의 적층각도에 따라 0°, 15°, 45°, 90°, 0°/90°으로 제작하였다.

탄소섬유 적층 경향에 따른 인장강도, 강성 평가를 위해 인장시험편을 ASTM D3039/D3039M-00 규격에 따라 25×250×5mm(W×L×T)로 제작하고, 탭 길이는 56mm로 시험편의 양 끝부분에 부착하여 제작하였다.

2.2 인장실험

시험편 중앙에 스트레인게이지를 부착하고 UTM(Universal Testing Machine)을 사용하여 시험편 양끝에 지그로 고정 후 변형량 측정장비인 Stain-Meter와 스트레인게이지를 연결하고 속도 2mm/min으로 하중과 변형량을 측정하였다. 각 시험편은 최소 7개 이상 실험을 진행하였고, 측정된 데이터를 바탕으로 아래의 식과 같이 인장응력과 탄성계수를 얻었다.

$$\sigma = \frac{P}{A} \tag{1}$$

$$E = \frac{\sigma_{\max}}{\varepsilon} \tag{2}$$

온도 23±1℃ 그리고 습도는 50±10%에서 실험을 진행하였다.

2.3 토크측정실험

각 시험편에 휴대용 스마트기기에 적용하고 있는 M1.4 미터 보통 나사를 적용하기 위해 드릴 직경 ø1.08 로 가공 후 탭 가공하였다. 토크측정기 Torque tester DIS series RL005 를 사용하여 최대 체결토크와 풀림 토크를 각각 얻었다. 토크 측정실험은 해당시편을 지그에 고정시킨 후 해당 탭에 나사를 체결하여 체결토크를 측정하였다.

적용 나사는 ㈜서울금속에서 생산하여 스마트기기에 적용하고 있는 미터 보통 나사 M1.4 x 0.3을 사용하였다. 볼트머리는 ø2.5mm x 0.5mm 로서 동일 크기의 나사산에 풀림 방지 코팅과 풀림 방지 코팅을 적용하지 않은 나사를 각각 시편에 체결하였다. 시험편에는 일정한 간격으로 관통 탭

Fig. 1 Measurement device of torque

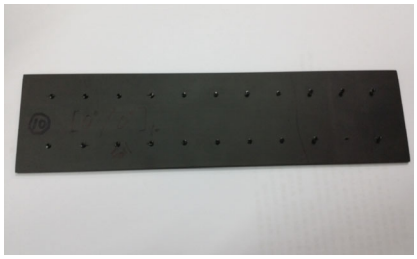

Fig. 2 The specimen for torque test

가공한 제품이다. 풀림 방지 코팅은 3M(TM) Fastener Adhesive 2510 Orange을 사용하고 나사산 부분에만 얇게 도포하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 인장실험결과

ASTM 규격에 따라 적층각도별 시험편을 제작하고 인장실험을 통하여 식(1)과 (2)으로부터 적층각도별 강도와 강성을 구하여 Figs. 3-4에 나타내었다. A($[\pm0°]_{10}$), B($[\pm15°]_{10}$), C($[\pm45°]_{10}$), D($[\pm90°]_{10}$), E($[90°/0°]_{10}$), F($[0°/90°]_{10}$) 이다.

인장강도와 강성모두 $[\pm0°]_{10}$ 가 가장 높았고 그 다음으로는 $[90°/0°]_{10}$, $[0°/90°]_{10}$ 이 높음이 나타났다.

3.2 토크측정시험결과

M1.4 코팅과 비코팅 초소형 나사를 적층각도에 따른 CFRP 시험편에 적용하여 우수한 토크력을 갖는 최적의 조건을 찾고자 토크실험을 하였다. 시험편은 3.1과 동일하게 A~F로 표시하였다.

비코팅과 코팅 체결력에서는 $[90°/0°]_{10}$와 $[0°/90°]_{10}$가 제일 높게 나왔다. CFRP 평판에 M1.4 비코팅과 코팅 나사 체결력에서는 비코팅 나사가 코팅나사보다 체결력이 우수함이 나타났다.

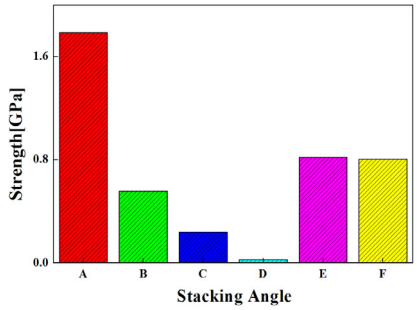

Fig. 3 Tension strength according stacking angle

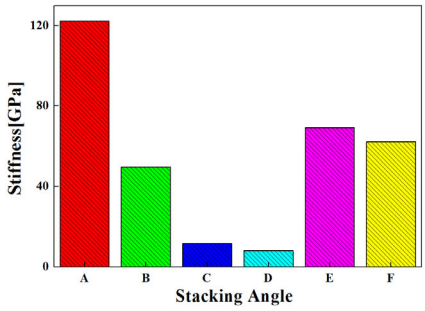

Fig. 4 Tension stiffness according stacking angle

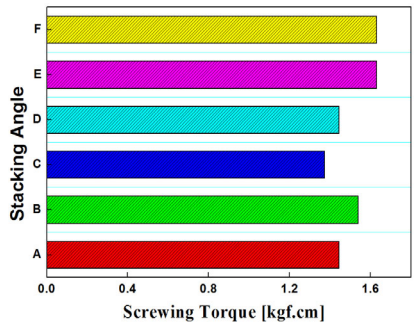

Fig. 5 Screw torque according stacking angle by non-coating

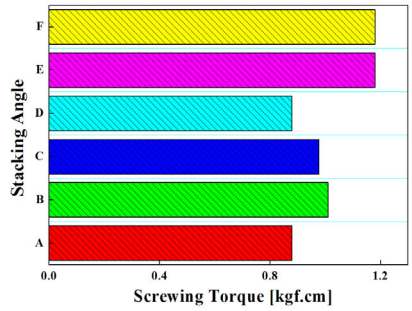

Fig. 6 Screw torque according stacking angle by coating

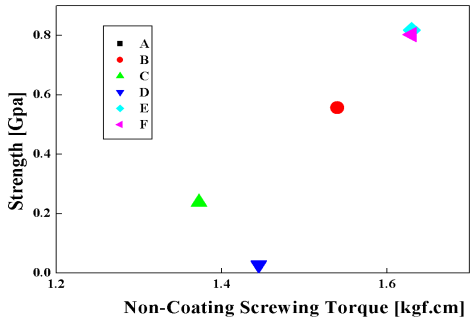

Fig. 7 Comparison between strength and screwing torque by non-coating

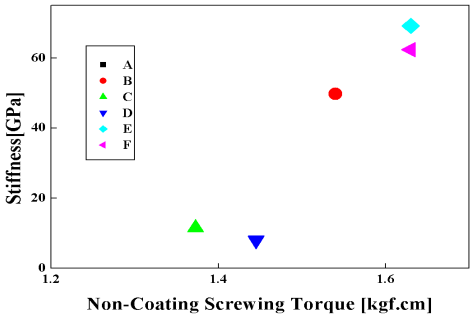

Fig. 8 Comparison between stiffness and screwing torque by non-coating

3.3 토크력-강도&강성비교

3.1과 3.2를 하나의 그래프로 작성하여 강도와 강성이 높고 체결력이 좋은 시험편을 얻고자 Figs. 7-10에 나타내었다. x축과 y축을 갖는 평판의 경우 $[\pm 0°]_{10}$와 $[\pm 90°]_{10}$는 한 축으로만 매우 좋은 강도와 강성을 가지나 수직방향으로 매우 취약한 강도와 강성을 나타내 결과값에서는 제외하였다.

무코팅 M1.4 초소형나사의 체결력과 강도 그리고 강성을 비교한 그래프는 Figs. 7-8에 나타내었고, 코팅 M1.4 초소형나사의 체결력과 강도 그리고 강성을 비교한 그래프는 Figs. 9-10에 나타내었다. 복합재료 시험편에서는 풀림방지 코팅을 적용하면 체결토크는 대체적으로 30~40% 감소하는 것을 볼 수 있었다. CFRP 시험편에서는 강도 및 강성대비 체결토크를 높이려면 코팅을 하지 않은 나사를 적용하는 것이 좋은 것으로 나타났다.

무코팅 M1.4에서는 $[90°/0°]_{10}$, $[0°/90°]_{10}$ 시험편이 강도, 강성 그리고 체결력이 가장 우수하였다. 코팅 M1.4에서도 무코팅과 같이 $[90°/0°]_{10}$, $[0°/90°]_{10}$ 시험편이 높게 나타났다.

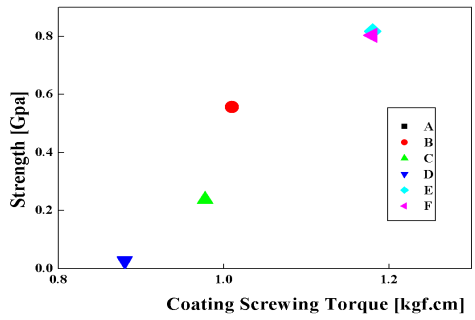

Fig. 9 Comparison between strength and screwing torque by coating

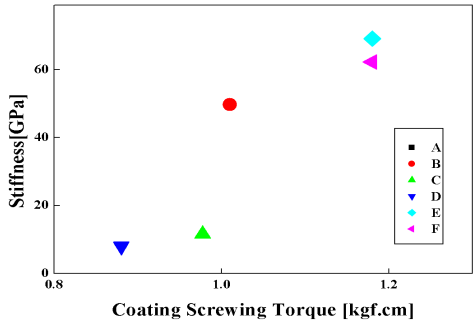

Fig. 10 Comparison between stiffness and screwing torque by coating

4. 결론

휴대용 스마트기기의 경량화 추세에 따른 경량 복합 소재의 적용을 검토하고 슬림화에 따른 초소형 체결부품의 적용시 체결력 특성을 고찰하여 스마트기기의 슬림화, 경량화에 따른 초소형나사의 CFRP 적용 시 섬유 배양각에 따른 체결력 특성의 기초데이터를 확보하였고 다음과 같은 결론을 도출하였다.

(1) 적층각도별 CFRP 중 인장강도, 강성 모두 $[\pm 0°]_{10}$가 가장 높았으며 $[\pm 90°]_{10}$가 가장 낮았다. 단, 이는 단방향 적층의 기계적 특성으로 실제 제품에는 적용하지 않으나 향후 설계를 위한 기초데이터로 제공하였고 단방향 적층방법 이외에 실제로 적용방법중에는 $[90°/0°]_{10}$이 높았다.

(2) $[\pm 45°]_{10}$의 경우 $[\pm 90°]_{10}$를 제외하고 인장강도, 강성 그리고 체결력이 가장 낮은것으로 측정되었다.

(3) CFRP 평판에 M1.4 비코팅과 코팅 나사 체결력에서는 비코팅 나사가 코팅나사보다 체결력이 우수함이 나타났다.

(4) CFRP에 M1.4 초소형 나사 적용 최종평가는 $[90°/0°]_{10}$이 가장 우수하였으며 이는 적층각이 하중방향에 비하여 0°, 90°를 이루는 각도가 인장특성 및 체결력에서 가장 우수한 적층방법임을 확인하였다.

후 기

본 논문(저서)은 산업통상자원부 산업기술혁신사업(우수기술연구센터사업)으로 지원된 연구임(No.10045724).

REFERENCES

1. Hwang, S. T., Kim, I. R., and Ra, S. W., "A Study on Material Properties of Subminiature Screw for Clamping Force Improvement," Proc. of the KSME Fall Conference, pp. 1815-1820, 2013.
2. Yang, I. Y., Kim, J. H., and Kim, J. H., "The Characteristics of Flexure Strength and Rigidity in Light-weight CFRP Members," J. Korean Soc. Precis. Eng., Vol. 25, No. 11, pp. 95-99, 2008.
3. Gao, T. and Cho, J. U., "Simulation Analysis on the Impact of Carbon-fiber-reinforced Plastic Sandwich Composite," Proc. of the KSMT Winter Conference, pp. 34-35, 2014.
4. Kim, J. H., Kim, C. J., Kim, H. J., and Kim, J. H., "Analysis of Strength and Stiffness of CFRP and Hybrid Shaped Circle and Square for Axial Compression and Bending Load," Materials Research Innovations, Vol. 18, pp. S2-323-327, 2014.
5. Kim, J. H., Kim, H. J., Chun, I. B., An, J. J., and Kim, J. H., "Characteristic Analysis of Carbon FRP Tube Changed Cross-sectional Shape by Bending Load," Materials Research Innovations, Vol. 18, pp. S2-328-331, 2014.
6. Choi, B. H., Kim, H. J., and Kim, J. H., "Study on Fastened Properties by Applied to CFRP Laminates of Subminiature Screw," Transactions of the Korean Society of Mechanical Engineers A, Vol. 38, No. 11, pp. 1239-1243, 2014.
7. Kim, H. J., Kim, J. H., Kim, J. H., and Kang, S. J., "Study on Tensile Properties and Fastened Properties to CFRP Laminates of Subminiature Screw," Proc. of KSPE Autumn Conference, p. 813, 2014.