

SCM21 이경재료의 마찰용접시 접합면 형상에 관한연구

(A study on the shape of weld interface in friction welding of SCM21 which have different diameter)

김대환*, 배명일**, 이규천***, 박성두****, 이영호*****

*충남대학교 기계공학과 대학원, **충남대학교 기계공학과 대학원, ***두원공과대학 동력기계과, ****천안공업대학 용접기술과, *****충남대학교 기계공학과

1. 서론

현대 산업사회에서는 많은 봉재가 기계 부품이나 자동차의 동력전달장치로 사용되고 있다. 그동안 동일직경의 재료에 관한 연구는 많이 있어 왔으나 직경이 다른 재료 즉 이경재료(異徑材料)에 대한 연구는 미흡한 실정이다.¹⁾

동일직경의 봉재를 마찰 용접하였을 경우, 열 영향부(HAZ)와 버(burr)의 형상이 대칭으로 이루어지게 된다. 그러나, 이경재료의 경우에는 봉 직경의 차이에 의하여 작은 직경에서는 1차원적 열 전달이 이루어지지만 직경이 큰 봉재의 경우는 3차원적 열전달이 이루어지므로 열 영향부는 비대칭으로 이루어지는 것을 알 수 있다.^{1),2)} 이로 인한 이경재료의 접합시 기계적 강도의 저하를 초래한다.

본 실험에서는 이경재료의 접합시 열 영향부 비대칭으로 인한 기계적 강도 저하를 최소화하기 위하여 직경이 큰쪽의 마찰면 부위를 직경이 작은쪽 봉재의 지름과 동일하게 기계 가공하여 돌출시켜 양 소재의 열전도 차이를 최소화하여 기계적 성질을 향상시키고자 하였다.³⁾

본 실험에서 사용된 SCM21은 자동차 동력 전달장치인 축과 기어를 제작하는데 마찰용접을 사용하여 접합함으로써 적절한 기계적 강도 및 공정수 절감, 재료절약을 이루고자 하였다.

2. 실험방법

2.1 실험재료

본 실험에서 마찰용접을 하기 위한 시험편은 SCM21종의 재질이며, 화학성분은 Table 1과 같다. Fig 1은 직경 28mm 길이 150mm와 직경 28mm, 150mm의 환봉 소재를 나타낸다.

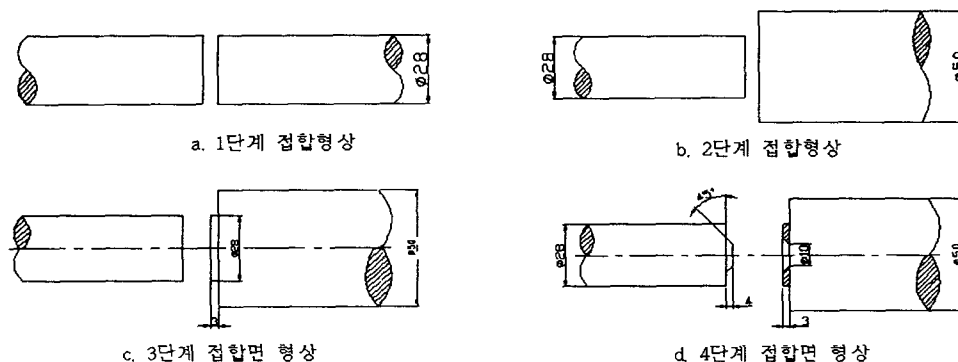


Fig. 1 마찰용접의 접합면 형상

Table 1. SCM21의 화학적 성분

Material \ Elements	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo
SCM21	0.18	0.36	0.85	0.030	0.30	0.25	1.20	1.20	0.30

2.2 실험기기 및 실험방법

본 실험에 사용된 마찰용접기는 회전수가 1000rpm 및 2000rpm으로 고정되어 있는 브레이크 타입(Model SF-30H (주) 우신)으로 사용하였으며, 예비 실험을 통하여 마찰압력 및 시간을 규제하였다.

실험의 단계는 4단계로 진행되었고 봉재의 작은쪽 직경은 $\phi 28\text{mm}$, 큰쪽의 봉재는 $\phi 50\text{mm}$ 를 사용하였고, 1단계는 그림 1(a)에서 먼저 직경이 작은 $\phi 28\text{mm}$ 의 봉재끼리 마찰용접하여 기계적 강도를 기록하였고, 2단계는 그림 1(b)에서 보는 바와 같이 $\phi 28\text{mm}$ 와 $\phi 50\text{mm}$ 의 봉재를 마찰용접하였다. 3단계는 $\phi 28\text{mm}$ 와 $\phi 50\text{mm}$ 를 접합하는데 $\phi 50\text{mm}$ 쪽의 마찰면을 $\phi 28\text{mm}$ 봉재와 같은 직경으로 3mm를 돌출시켜 마찰용접하였고 그림 1(c)에서 보는 바와 같다. 용접조건은 2단계와 직경이 같은 $\phi 28\text{mm}$ 와 $\phi 50\text{mm}$ 의 직경에서 최고강도를 나타내는 용접조건을 적용하였고 각각의 접합면 형상에 따른 접합강도를 기록하였으며, Table 2는 마찰용접 조건을 나타낸 것이다. 4단계는 접합면의 형상을 변화시켜 마찰용접의 단점인 충격강도 및 굽힘강도를 향상시키기 위하여 그림 1(d)와 같이 기계가 공하여 마찰용접하였다.

Table 2. 마찰용접조건

Spindle revolution (N)	Preliminary friction pressure (P_0)	Preliminary friction time (t_0)	Friction pressure (P_1)	Friction time (t_1)	Upset pressure (P_2)	Upset time (t_2)
2,000rpm	25MPa	7.0sec	75MPa	15.0sec	100MPa	5.0sec

4단계로 진행된 각각의 실험에서 얻어진 결과를 Fig 2에서 보여주는 것과 같은 노치(notch) 인장시험편을 사용하였다. 그러나, 모재 시험편의 인장강도는 표준 시험편과 노치 시험편을 사용했을 경우에 과단형태가 서로 다르게 나타나고, 이것이 용접시험편의 이음효율을 산정하는데 있어 영향을 미치므로 Ogawa⁴⁾등이 이용했던 방법과 같이 노치 시험편으로 제작하여 인장강도를 실험하였고, 인장시험기는 최대용량 50ton의 만능재료시험기(Model UH-50A, SHIMADZU)를 사용하였다.

굽힘강도는 Fig 3과 같이 기계가공하여 3점지지 방법으로 실험하였고, 충격시험편은 Fig 4와 같이 시험편을 제작하여 실시하였으며, 마찰용접부의 접합 형상별 열영향부는 Photo 1과 같다.

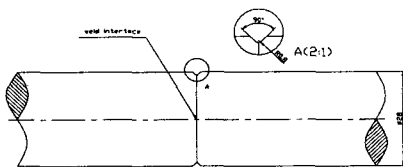


Fig. 2 마찰용접부 인장 및 굽힘시험편

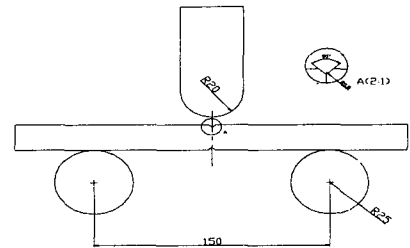


Fig. 3 마찰용접부 굽힘시험

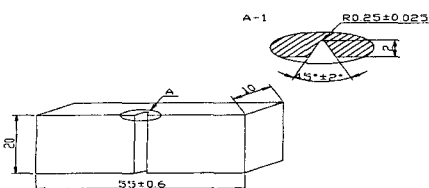


Fig. 4 마찰용접부 충격시험편

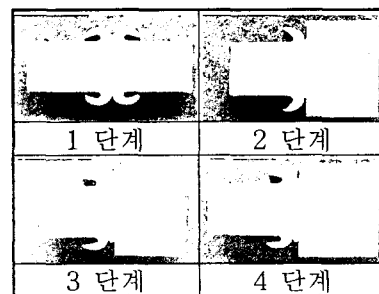


Photo. 1 4단계의 마찰용접 열영향부

3. 실험 결과 및 고찰

3.1 $\phi 28 \times 150\text{mm}$: $\phi 50 \times 150\text{mm}$ 환봉의 마찰용접현상

직경28mm와 직경 50mm 환봉의 마찰용접시 회전축의 회전저항이 크게 작용하고 어느 일정시간이 지나면 회전저항은 감소하고 마찰열의 증가와 함께 업셋압력에서 접합된다. 그러나, 접합시 직경 50mm 쪽의 3차원적 열전달로 인하여 열영향부는 비대칭으로 형성되며, 이로 인한 기계적 강도는 저하되었다.

3.2 $\phi 28 \times 150\text{mm}$: $\phi 50 \times 150\text{mm}$ 돌출 3mm로 기계가공시 마찰용접현상

직경 50mm쪽의 직경 28mm, 돌출 3mm로 가공하여 마찰용접한 것은 먼저 마찰 초기에서부터 마찰 발열을 시작하여 회전저항이 적으며, 마찰열이 고온에 도달하는 시간이 짧고 Burr의 배출량이 돌출 없이 마찰용접하는 것보다는 많은 것을 알 수 있었다. 그 이유는 Burr가 배출되며 마찰면적이 자연스럽게 커지므로 마찰 발열은 높아진 것이라고 생각된다. 3.1절의 경우와 비교하면 기계적 강도가 크고 마찰압접 조건도 작은쪽 직경과 같은 직경으로 돌출시키는 것이 압접 적정범위가 넓다고 알려져 있다.^{2),3)} 열영향부(HAZ)를 살펴보면 돌출된 쪽의 열영향부는 거의 대칭을 이루지만 돌출이 없이 마찰용접된 것은 비대칭임을 알 수 있다.

3.3 $\phi 28 \times 150\text{mm}$: $\phi 50 \times 150\text{mm}$, 3mm 돌출하고 $\phi 50 \times 150\text{mm}$ 쪽 $\phi 10\text{mm}$ 구멍 가공시 마찰용접 현상

마찰회전 저항이 상당히 작은 것을 알았고 Burr의 형상 또한 크게 발생하였다. 직경 28mm쪽의 4mm 돌출시 직경 50mm쪽의 구멍은 3mm이므로 작은쪽에서 적은 마찰압력으로 발열을 시작하고 어느 시간이 지나면 먼저 마찰된 돌출부에서 마찰압력에 의해 Burr가 밀려나오는 현상이 일어났다. 기계적 강도는 밀려나오기 시작하는 중심부에서 외주부로 산화층이 발생하여 접합 단면을 작게하여 기계적 강도는 저하되었다.

4. 결 론

본 연구에서는 현재 자동차 동력전달장치에 사용되고 있는 직경이 서로 다른 이경재료의 SCM21 환봉을 마찰압력 $P_0=25\text{MPa}$, $P_1=75\text{MPa}$, 업셋압력 $P_2=100\text{MPa}$, 마찰시간 $t_0=7\text{sec}$, 마찰시간 $t_1=15\text{sec}$, 업셋시간 $t_2=5\text{sec}$ 의 조건으로 4단계의 마찰용접을 실시하였다. 그 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 현재 자동차 동력전달장치인 기어와 축을 기계가공하는데 있어 열간 끼어맞춤 및 큰쪽 환봉재를 기계가공하는 것보다는 마찰용접으로 대체함으로써 공정의 단순화 및 재료절감과 생산성 향상을 가져올 것으로 생각된다.
2. 직경 28mm와 직경 50mm를 접합하는데 있어 원 재료의 기계적 강도와 큰 차이가 있어 안전성에 있어 많은 연구가 필요하리라 생각된다.
3. 직경 50mm쪽에 직경 28mm로 3mm 돌출된 이경재료의 마찰용접시 기계적 강도인 모재 인장강도(SCM21)의 100% 이상을 얻었고, 굽힘강도는 110% 이상임을 알 수 있었다.
4. 이경재료 마찰용접시 직경 50mm쪽에 3mm를 돌출하고 돌출된 중앙부에 직경 10mm로 구멍을 기계가공하고 각도는 45° 테이퍼호 가공하였으며, 직경 28mm쪽에는 돌출부 직경 10mm에 길이 4mm의 형상으로 가공하여 마찰용접한 것은 이상의 마찰용접 조건으로는 부적당하며, 기계가공의 공정수 및 생산성 향상에 많은 문제가 있어서 차후 많은 연구가 선행되어야 할 것으로 사료된다.

참고문헌

1. 노성균, "SM20C 이경재료의 단길이 변화에 따른 접합특성에 관한 연구", 충남대학교 대학원 학위논문집, 1998
2. 仲田耕三, 有年雅敏, 山田柔太郎, 平 博仁, "異徑丸奉の摩擦壓接に關す研究(第1報)", 溶接學會誌, 第50卷 第2號 pp.189-195, 1981.
3. 仲田耕三, 有年雅敏, 山田柔太郎, 平 博仁, "異徑丸奉の摩擦壓接에 關한 研究(第2報)", 溶接學會誌, 第50卷 第8號 pp.764-770, 1981.
4. K. Ogawa, H. Yamaguchi, S. Kaga, K. Sakaguchi, "Optimization of Friction Welding Condition for S45C Carbon Steel Using a Statistical Technique", Transactions of the Japan Welding Society, Vol. 24, No. 2, pp. 133-139, October, (1993)