

치과용 시술기구(Micro Handpiece)재료의 특성평가 및 표면품질에 대한 연구 Study on Evaluation of Material Property of Micro Handpiece for dentistry and Surface Quality

손재환*, 한창우**, 최상일***, 김용중***, 최창진***
Jae-Hwan Son*, Chang-Woo Han**, Sang-Il Choi***, Yong-Jung Kim***,
Chang-Jin Choi***

<Abstract>

As Industrialization gets more and more advanced, human technological medical apparatus for dentistry has been developed. Such a medical apparatus have to let precision revolution and torque control facilitate. Consequently, Development of Micro hand-piece with strong durability should be required. Moreover, It's also very important to evaluate performance of such a Micro hand-piece, Evaluation of Mechanical property of Material and ANOVA have been known as useful methods in the field of Quality Evaluation. For Verification of Quality Evaluation, It has been evaluated by One-way layout ANOVA based on the data of Surface Roughness Test. Anyhow, This test has been respectively carried out by 3 kinds of Test and Superior performance has appeared in the Test result.

Keywords : BLDC Motor, Micro tool, 치기공구, 임프란트, 시술공구, 정밀연삭공구

1. 서 론

현대사회에서 산업화가 선진화 되어 갈수록 가공기술 및 제어기술이 함께 발전하는 추세이다. 그동안 국내에는 일반 DC BLUSH 타입의 카본모터를 중심으로 치과용 시술기구인 마이크로 핸드피스(micro Handpiece)를 개발하여 개발도상국은 물론 선진국에 저가의 제

품으로 판매를 하여 왔다. 그러나, 중국을 위시한 동남아시아와의 가격경쟁에 밀려 보다 정밀하고 섬세하게 가공 및 제어(control)되는 BLDC 마이크로 모터(micro motor)를 사용하는 마이크로 핸드피스의 개발 및 생산에 대한 연구가 요구되는 실정이다.

BLDC 마이크로 모터(micro motor)를 사용한 치과용 핸드피스는 정밀 치기공 분야에서

* 대구기계부품연구원 팀장/책임연구원
** 영남이공대학 자동차과/조교수
*** 부산대학교 대학원 바이오산업기계공학과

* Daegu Machinery Institute of Components & Materials
E-mail : sjhwan@dmi.re.kr

차원 높은 임플란트(implant) 시술에 사용되는 기구로써, 정밀 회전 및 토크 제어가 용이해야 할 뿐 아니라, 미세한 가공 및 강한 내구력이 요구된다. 하지만 요구 규격에 대한 제품 시험평가 및 분석에 대한 연구가 제대로 이루어지지 않아 국내에서는 제품이 개발되어 있지 않다. 따라서 이에 대한 제품 시험평가 및 분석에 대한 연구가 시급하다.

관련 연구로써 신정필⁽¹⁾은 일반 치기공 및 공구, 보석가공, 금형가공 등에 쓰이는 일반용 핸드피스를 개발하였고, Takashi 등⁽²⁾은 다구짜 기법과 같은 실험계획법을 사용하여 초기 치와 구속조건을 결정하여 선형 모터(linear motor) 영구자석에 대해 최적의 설계변수 결정 및 특성해석을 수행하였고, 손⁽³⁾은 KOLAS 역학시험(표면거칠기)분야의 시험자간의 시험능력을 비교·평가한 후 ANOVA 통계분석을 통하여 시험소의 신뢰성 및 시험결과의 공정성과 정확성을 개선하였다.

본 연구에서는 치과용 마이크로 핸드피스 개발 공정에 사용하기 위한 스테인레스강(SUS 420) 금속소재에 대한 기계적 특성 시험평가 및 표면품질에 대한 연구이다. 마이크로 핸드피스 제작 공정에 요구되는 금속재료에 대한 KS 및 ASTM 규격을 만족하기 위해 규격에 의거한 시험평가를 시도하였고, 그 결과에 대해 통계적 분석 및 고찰을 통하여 신뢰성 및 정확성을 확보하고자 노력하였다.

2. 실험 및 방법

2.1 재료 및 시험편

실험에 사용한 치과용 시술기구인 마이크로 핸드피스 components materials의 SUS420에 대한 화학 성분과 기계적 성질은 표 1 및 2와 같다.

표 1 SUS420 concentration composition of specimens(wt. %)

Element	C	S	Si	P	Cr	Mn
Concentration	0.287	0.028	0.319	0.024	13.755	0.655

표 2 SUS420 mechanical properties of specimens(N/mm². %)

Element	인장강도	항복강도	연신률	단면수축율
Concentration	679	451	30	61

Fig.1은 치과용 시술기구의 Micro Handpiece 외관도 3D 모델링이다. KS B 0801(금속재료인장시험편)의 4호 규정에 따라 지름 14 mm, 표점거리(gauge length)는 50 mm 원형봉상으로 정형 시험편을 Fig.2와 같이 설계·제작하였다. Fig.3은 성분분석 시험을 위한 시험편으로서 $\varnothing 35$, 두께(t)≥1 mm로 제작하였으며, Fig.4는 치과용 Handpiece의 부품(CHUCK)으로서 표면거칠기 품질평가에 사용한 시편을 나타낸 것이다.

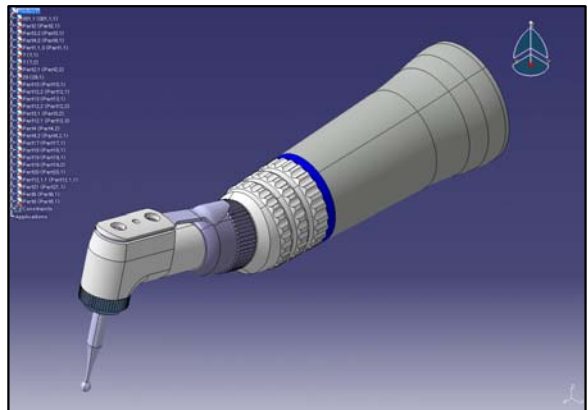


Fig. 1 치과용 Handpiece의 3D 외관도



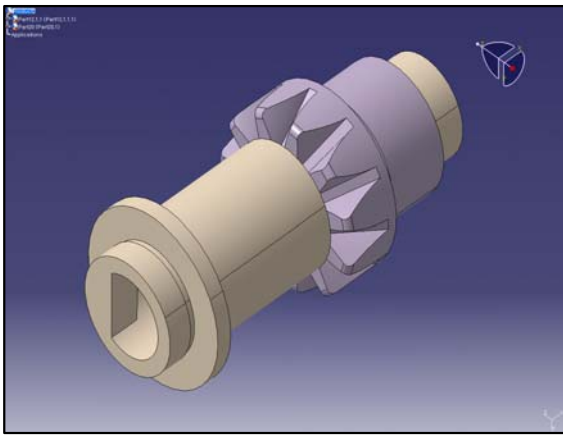
Fig. 2 인장시험편 : KS B 0801 4호(봉상)



Fig. 3 성분분석 시험편 제작 (Size : $\varnothing 35$, 두께(t) ≥ 1 mm)



Fig. 5 SUS420 인장시험



(surface roughness : $0.20 \mu\text{m}$)
Fig. 4 치과용 Handpiece 부품(CHUCK)

3. 결과 및 고찰

3.1 소재의 기계적 특성평가

치과용 핸드피스에 사용되는 금속재료인 SUS420의 금속소재를 이용하여 Fig.5와 같이 기계적 특성시험을 하였다. 소재의 인장강도 시험은 Universal Testing Machine(INSTRON 5569)를 사용하여 KS B 0802 : 2003 규정에 의하여 시험을 수행하였으며, 인장강도(UTS) 680 MPa, 항복강도 450 MPa 및 연신률 30 %로 일반적인 스테인레스강(SUS420)의 특성치인 인장강도(UTS) 670 MPa, 항복강도 350 MPa 및 연신률(EL) 25 %을 상회하는 표 3 및 Fig.6과 같은 결과를 나타내었다.

표 3 SUS 420 기계적 특성 평가결과

시험항목	시험품 구분	단위	시험 결과	시험 방법
인장강도	SUS 420_1	N/mm ²	680	KS B 0802:2003
	SUS 420_2	N/mm ²	678	
	SUS 420_3	N/mm ²	680	
항복강도	SUS 420_1	N/mm ²	449	
	SUS 420_2	N/mm ²	447	
	SUS 420_3	N/mm ²	458	
연신률	SUS 420_1	%	30	
	SUS 420_2	%	30	
	SUS 420_3	%	30	
단면 수축률	SUS 420_1	%	61	
	SUS 420_2	%	61	
	SUS 420_3	%	61	

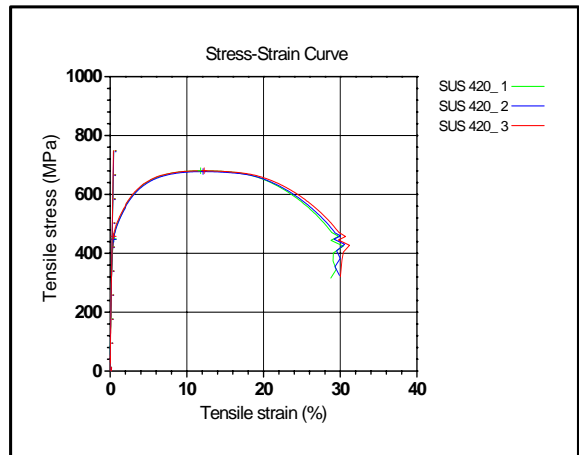


Fig. 6 인장시험 결과

3.2 소재의 성분분석

성분분석 시험은 탄소유황 성분분석기를 사용하여 KS D 1804 : 2003 및 KS D1803 : 2003의 시험방법을 적용하였고, XRF 성분분석기로는 KS D 1655 : 2003의 시험방법 규정에 의하여 시험을 수행하였으며, 표 4와 같은 결과를 얻었다. 탄소유황성분분석 시험에서는 C와 S의 성분을 3개의 시료에 대하여 분석한 결과 C는 평균 0.287 %가 나타났고, S는 0.028 %를 나타냈다. 또 XRF성분분석 시험에서는 Si, P, Cr, Mn의 성분을 3개의 시료에 대하여 분석 결과를 산술 평균한 결과 Si 0.319 %, P 0.024 %, Cr 13.756 %, Mn 0.655 %가 나타나, 표 1의 일반적인 스테인레스강(SUS 420)의 조성규격을 대체로 만족함을 알 수 있다.

따라서 본 연구에서 스테인레스강(SUS420) 재질은 균질한 성분을 함유하고 있음을 알 수 있다.

표 4 SUS420 성분분석 결과

시험항목	시험방법 (적용규격)	시험결과			
		Element	Concentration (wt. %)		
			SUS 420-1	SUS 420-2	SUS 420-3
탄소유황 성분분석	KS D 1804:2003	C	0.286	0.286	0.288
	KS D 1803:2003	S	0.029	0.028	0.028
XRF 성분분석	KS D 1655:2003	Si	0.323	0.318	0.317
		P	0.024	0.024	0.024
		Cr	13.756	13.770	13.740
		Mn	0.656	0.655	0.655

3.3 표면거칠기

표면거칠기(surface roughness)는 표면에 생성된 미세한 요철(凹凸)의 정도로서, 거칠다 매끄럽다 하는 감각의 근본이 된다. 표면거칠기의 정도는 가공에 사용되는 공구, 가공법의 적부(適否), 표면에 긁힌 흠, 녹 등에 의해서 결정된다. Fig.7은 가공법에 따른 표면의 특성을 나타내고 있다⁽⁴⁾. 이러한 표면거칠기는 단면곡선(profile)의 진폭 값을 통계적으로 처리하여 정량화 된다. 표면거칠기를 나타내는 통계적인 값으로 Fig.8에 보이는 것처럼 일반적으로 최대높이(R_{max}), 제곱평균평방근(R_q), 중심선평균거칠기(R_a)의 3가지로 표시되며, 대표

적 표면거칠기 표현법을 정리하면 표 5와 같다⁽⁵⁾. 가공면의 표면거칠기를 평가하는데 있어서 표면의 특성에 따라 서로 다른 표면거칠기 표현법을 사용한다. Fig.8과 같이 연삭면, 연마면, 래핑면과 같은 특성을 가진 표면의 표면거칠기는 주로 R_a , R_q 로서 표현을 하며 선삭면과 같은 주기성을 가진 표면의 표면거칠기는 주로 R_{max} 로서 표현을 한다. 본 논문에서는 중심선 평균 거칠기(R_a)를 통하여 치과용 마이크로 핸드피스 부품(CHUCK)의 표면품질의 특성을 분석하였다.

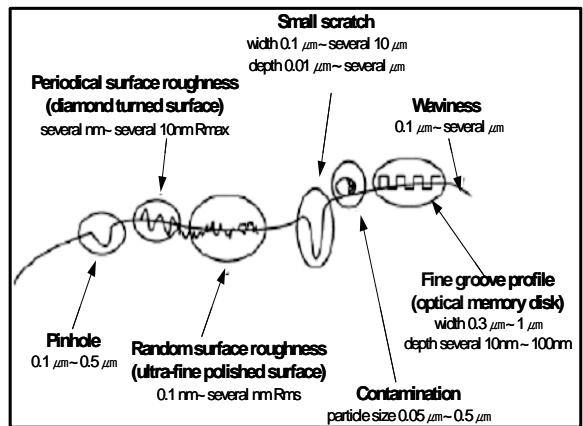


Fig. 7 Characteristics of surfaces according to the cutting method

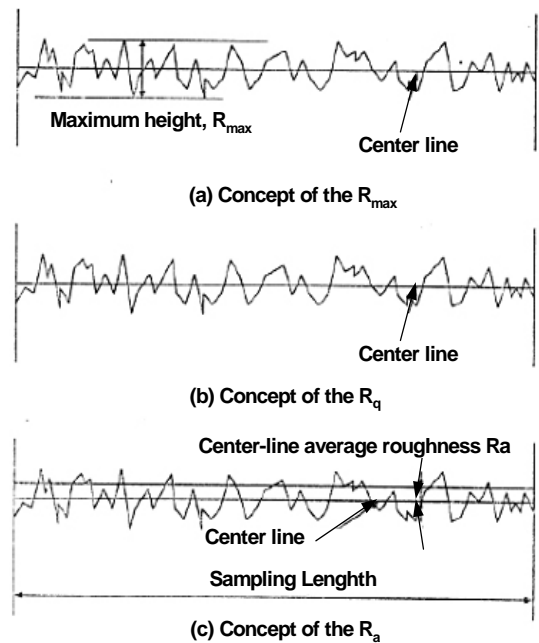


Fig. 8 Statistical representation methods of surface roughness

표 5 Other surface roughness parameters

Term	Definition	Calculation	Use
R_a	Arithmetic Mean Deviation	$R_a = \frac{1}{MN} \sum_{j=1}^M \sum_{i=1}^N z(x_i, y_j) $	Roughness of a machined surface

3.3.1 실험장치

표면거칠기의 측정순서는 Fig.9에 나타난 것과 같이 측정표면 위를 반경 1.5 μm 의 다이아몬드 촉침(stylus)이 표면을 따라 이동하면 검출기가 촉침의 수직방향의 변위를 전기적 신호로 바꾸어서 증폭, 증가시키고, 기록계를 작동시킨다. 필터링된 신호는 R_a 값 등을 디지털 지시계로 나타낸다. 본 실험에 사용된 표면거칠기 측정 실험장치(Surface Roughness Measuring Machine)는 Fig.10의 영국 Taylor Hobson Ltd사의 모델 Taylsurf PGI 120을 이용하였다. 실험장치의 주요사양은 측정길이 10 mm, 이송길이 120 mm, 정밀도 2 % \pm 0.4 nm, 분해능 12.8 nm, 촉침 1.5 ~ 2.5 μm , 촉침압력 70 ~ 100 mgf(가변)이며, 제품의 표면형상과 거칠기를 한번에 측정 할 수 있는 접촉식 프로파일러(Profiler)이다.

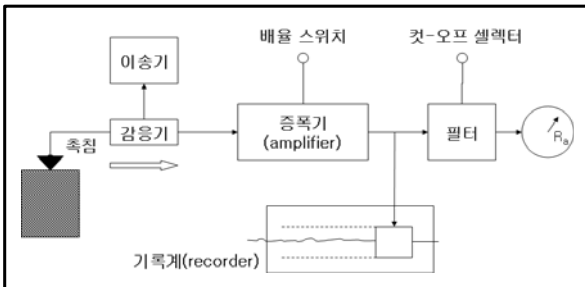


Fig. 9 표면거칠기 측정 순서도



Fig. 10 표면거칠기 실험장치

3.3.2 실험방법

본 연구에서는 마이크로 핸드피스 부품(CHUCK)의 표면거칠기 정밀도 평가를 하였으며, 임의의 측정부위 3곳을 각각 5회씩 측정하였다. 표면거칠기 측정은 거칠기 곡선에서 기준길이 전체에 걸쳐 평균선으로부터 벗어나는 모든 봉우리와 골짜기의 편차 평균값을 표면거칠기로 사용한 중심선 평균 거칠기(R_a , arithmetical average roughness)를 이용하여 실험하였다.

3.4 분산분석(ANOVA)에 의한 품질평가

여러 집단을 총괄적으로 분석할 수 있는 분산분석(analysis of variance : ANOVA)은 실험계획법(experimental design)과 회귀분석(regression analysis)에 주로 사용되어 왔다. 분산분석은 두 표본 이상의 평균치에 대한 차이를 검정하는 통계기법으로, 표본들이 동일한 평균을 가진 모집단에서 추출된 것인지의 여부를 추론할 수 있다. 따라서 두 집단 이상의 한 변수에 대한 평균의 차이를 검정하고자 할 때의 통계기법을 이용하였다.

3.4.1 분산분석(ANOVA)

본 연구에서 정밀도 검증을 위해서는 마이크로 핸드피스 부품(CHUCK)의 표면거칠기 품질 평가를 KS B 0161 : 1999 한국산업규격을 적용하였으며, 시험결과치의 비교를 위해 일원배치법에 의한 분산분석(ANOVA)을 이용하였다. 그리고 해당 부품(CHUCK)의 정밀도 평가를 표 6과 같이 중심선 표면 거칠기(R_a) 측정값으로 비교·분석하여, 신뢰성 및 시험결과치의 공정성과 정확성을 확보할 수 있었다.

표 6 마이크로핸드피스 부품(CHUCK) 측정부위별 표면거칠기(R_a) 값

측정부 횟수	"A"	"B"	"C"	계 (Total)	평균의 분산
1	0.13	0.11	0.12	-	
2	0.10	0.12	0.10	-	
3	0.16	0.13	0.12	-	
4	0.13	0.11	0.10	-	
5	0.12	0.13	0.10	-	
합 계	0.540	0.600	0.540	1.8	
평균	0.128	0.120	0.108	0.12	0.000101
분산	0.000	0.000	0.000	0.001	
편차	0.022	0.010	0.011	-	

3.4.2 결과분석 및 품질평가

(1) 시험결과치의 정밀도 일치성을 Cochran방법으로 검정

2차원(시험자 수, 데이터 열) 변수로 된 Data 간의 정밀도 차이가 없는지를 검정(test) 하는 데 효과적인 Cochran 검정법⁽⁶⁾을 사용하였다. 위험률 $\alpha(0.01, 0.05)$, 시험자 수 $n(3)$, 데이터 열 $l(5)$, 기각한계 값($l, n : \alpha$)에서의 통계량은 식(1)과 같으며, Cochran 통계량은 0.478로 추출된다⁽⁶⁾.

$$\begin{aligned} (\text{위험률 } 0.01) C &= (3, 5 : 0.01) = 0.834 \quad (1) \\ (\text{위험률 } 0.05) C &= (3, 5 : 0.05) = 0.746 \end{aligned}$$

따라서, Cochran의 통계량 = 0.478 < 0.834 (0.746 ; 신뢰수준 95%) 이므로 신뢰수준 99% 및 95%에서 각 시험 Data의 정밀도의 차이가 없으며 등분산 이라 판단된다.

(2) 시험결과치의 평균값을 Grubbs 방법으로 검정

시험 결과의 이상(異狀) 데이터 경향을 파악 하는 데 효과적인 Grubbs 검출법⁽⁷⁾을 사용하였다. 위험률 0.01과 0.05에서의 통계량은 식(2)와 같으며, Grubbs 통계량은 1.121로 추출된다⁽⁷⁾.

$$\begin{aligned} \text{기각한계 값 (위험률 } n, 0.01) &(3, 0.01) = 1.155 \\ \text{기각한계 값 (위험률 } n, 0.05) &(3, 0.05) = 1.153 \end{aligned} \quad (2)$$

따라서, Grubbs의 통계량이 1.121 < 1.155(1.153 ; 신뢰수준 95%) 기각한계 값 이므로 각 시험데이터 평균값은 99% 및 95% 신뢰수준에서 이상 치라고 판단되는 평균값은 없다.

(3) 시험결과 data 분석 값 산출

① 각 시험결과치의 data에 대한 최대값 (X_{\max})의 검정

$$T_a = \frac{X(a)_{\max} - \bar{X}(a)}{\sqrt{V_a}} = 1.476 \quad (4)$$

$$T_b = \frac{X(b)_{\max} - \bar{X}(b)}{\sqrt{V_b}} = 1.000$$

$$T_c = \frac{X(c)_{\max} - \bar{X}(c)}{\sqrt{V_c}} = 1.095 \text{ 이다.}$$

식(4)에서 구한 데이터 최대 T통계치 값과 T통계량 및 Grubbs 방법에 의한 기각한계치 값 $G(n ; \alpha) = G(5 ; 0.05) = 1.672$ 을 비교하였을 때 $T < G$ 이므로 유의수준(0.05)에서 최대 값에 이상치가 없다고 판단된다.

② 각 시험자의 시험 data에 대한 최소값 (X_{\min})의 검정

$$T'_a = \frac{\bar{X}(a) - X(a)_{\min}}{\sqrt{V_a}} = 1.292 \quad (5)$$

$$T'_b = \frac{\bar{X}(b) - X(b)_{\min}}{\sqrt{V_a}} = 1.000$$

$$T'_c = \frac{\bar{X}(c) - X(c)_{\min}}{\sqrt{V_a}} = 0.730 \text{ 이다.}$$

식(5)에서 구한 데이터 최소 T'통계치 값과 T통계량 및 Grubbs 방법에 의한 기각한계치 값 $G(n ; \alpha) = G(5 ; 0.05) = 1.672$ 을 비교하였을 때 $T < G$ 이므로 유의수준(0.05)에서 최소 값에 이상치가 없다고 판단된다.

(4) 일원배치법에 의한 분산분석

표 7 요약표

인자 수준	관측 수	Total	평균	분산
"A"	5	0.64	0.128	0.00047
"B"	5	0.6	0.12	0.0001
"C"	5	0.54	0.108	0.00012

표 8 분산분석

변동요인	제곱합	자유도	제곱평균	F 비	P-값	F 기각치
처리	0.00101	2	0.00050	2.20289	0.153145	3.8852903
잔차	0.00276	12	0.00023			
계	0.00377	14				

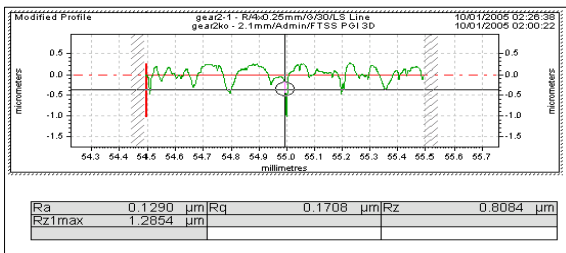
일원배치법에 의한 분산분석(ANOVA) 결과 F비 < F기각치 이므로 시험품 3개의 분산의 비가 F기각치 보다 적어 유의수준 5%로 시험자 간 시험결과 간 사이의 차이가 없는 것으로 나타났다.

Fig.11은 마이크로핸드피스 부품(CHUCK)의 3개소(부분)의 시료군에 대한 측정된 대표적인 표면거칠기의 형상을 나타낸 것으로 데이터 구간에 따른 표면거칠기가 틀려지고 있으므로 평균거칠기를 사용하였다. 측정 데이터의 그림에서 x축으로 0.1 mm 간격으로 10 구간(총 1 mm) 이동하고, y축으로 최대 거칠기와 최저 거칠기의 평균값을 중심선 표면 거칠기(R_a) 측정값에 대한 결과로서 Fig.11(a)에서는 $0.13 \mu\text{m}$, Fig.11(b)에서는 $0.12 \mu\text{m}$, Fig.11(c)에서는 $0.11 \mu\text{m}$ 로 나타났다. 이와 같은 결과는 목표규격치 $0.20 \mu\text{m}$ 에 비해 표면거칠기 측정값이 향상되어 정밀한 제품이 개발되어졌다고 판단된다.

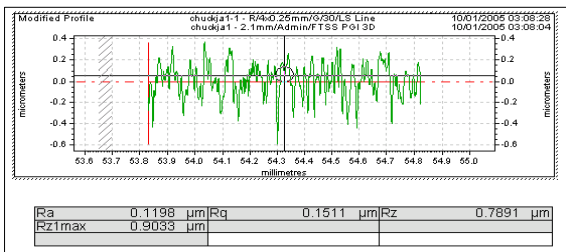
4. 결론

본 연구에서는 치과 마이크로 핸드피스 개발용 SUS420 금속소재에 대한 기계적 특성과 표면품질의 시험평가를 수행하였고, 주요 부품(CHUCK)에 대한 특성평가 및 표면품질에 대한 연구내용의 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

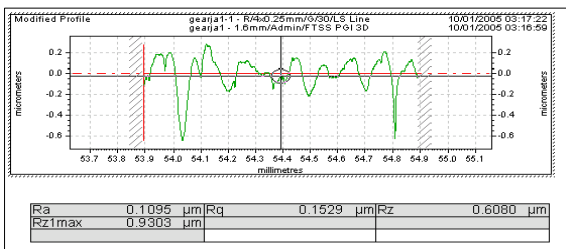
1. 재료특성시험은 SUS420 소재를 KS B 0801의 4호 인장시험편으로 제작하여 금속재료인장시험방법(KS B 0802 : 2003)으로 실시하였으며, KS규격대비 재료물성치가 양호하게 나타났다.
2. 소재분석시험은 SUS420 시험편을 제작하여 CS DETERMINATOR(CS200, LECO)로 C, S를 KS D 1804 : 2003과 KS D 1803 : 2003 시험방법(시험규격)으로 실시하였고, XRF(MAGIXPRO, PHILLIPS)로 Si, P, Cr, Mn을 KS D 1655 : 2003 시험방법(시험규격)으로 실시한 결과 JIS 규격 대비 원소별로 양호하고 균질한 성분함량을 알 수 있었다.
3. 표면거칠기시험(CHUCK)에 대한 시험결과 평균거칠기(R_a , 1개 항목) 비교시험 결과에 대하여 등분산성을 검정하기 위하여 Cochran방법을 이용하였고, 이상 값의 유무를 검정하기 위하여 Grubbs 방법을 사용하였다. 또한, 좀더 정밀하게 시험결과 비교시험을 분석하기 위하여 일원배치 분산분석(One-way ANOVA)으로 평가하였다.
4. 일원배치 분산분석 결과에서 F비는 시험결과 간의 차에 대한 평균제곱을 나머지 잔차의 평균제곱으로 나눈 값이고, F-기각값은 유의수준 5%에서 F-분포표로부터 얻어진 F-기각 값이다. 금속소재의 표면거칠기의 1개 항목(R_a) 비교시험 data에 대해 분산분석 결과 모두 계산된 F비가 F-기각값 보다 작은 것으로 나타났다.
5. 등분산성(Cochran)분석, Grubbs 방법에 의한 이상치 검정 및 일원배치법에 의한 분산분석(One-way ANOVA)을 통해 유의수준 5%(신뢰수준 95%)로 시험결과 값의 data 차이가 없으며 기계가공 공정에서도 품질이 우수하다고 판단된다.



(a) 'A'부 test raw data : R_a 0.129 μm



(b) 'B'부 test raw data : R_a 0.1198 μm



(c) 'C'부 test raw data : R_a 0.1095 μm

Fig. 11 마이크로핸드피스 부품(CHUCK) 평균 표면거칠기 raw data

참 고 문 헌

- 1) 신정필, “치과용 엔도핸드피스 및 콘트롤 유닛 개발에 관한 최종보고서” 산업자원부, 2005.
- 2) Norio Takahashi, Mitsutoshi Natsumeda and Kazuhiro Muramatsu, “Optimization of permanent magnet type of retarder using 3-D finite element method and direct method,” IEEE Trans. on Magn., Vol 34, No 5, pp 2996-2999, 1998.
- 3) 손재환, “시험자간 비교시험 프로그램 결과 보고서(KOLAS 역학시험 : 표면거칠기 분야)”, 대구기계부품연구원, 2005.
- 4) Takashi MIYOSHI, “The latest optical precision measurement technology fraunhofer diffraction method”, JSPE, 1992.
- 5) 김승우, “정밀측정공학(기본원리, 평가방법, 응용시스템 설계)”, 한국과학기술원
- 6) Slavings, R.: Cochran, N.: Bowen, C. W. Chem, Educator[Online] 1997, 2(1) : DOI 10, 1007/s00897970118a.
- 7) Yun, J. : Marinez, E. R. : Grubbs, R. H. “A New Ruthenium-Based Olefin Metathesis Catalyst Coordinated with 1, 3-Dimesityl-1, 4, 5, 6-tetrahydropyrimidin-2-ylidene : Synthesis, X-ray Structure, and Reactivity” Organometallics, 23, 4172(2004).

(2006년 6월 28일 접수, 2006년 8월 20일 채택)