

# 공구 절감 및 생산성 향상을 위한 가공속도 최적화

[info.korea@cgtech.com](mailto:info.korea@cgtech.com)

(031) 389 6070

SIMULATION



OPTIMIZATION



POST-  
PROCESSING



MACHINE  
CONNECTIVITY



# 발표 순서

- 가공 전문가들의 30년 노하우를 드립니다, CGTech
- 모든 가공에 적합한 생산 효율 가공 솔루션
- 핵심은 칩 두께
- FORCE가 필요한 이유
- 최적화 사례
  - 항공 브라켓
  - 어댑티브 밀링
- 가공 속도 최적화는 기회!
- 가공 속도 최적화 확장 적용 사례

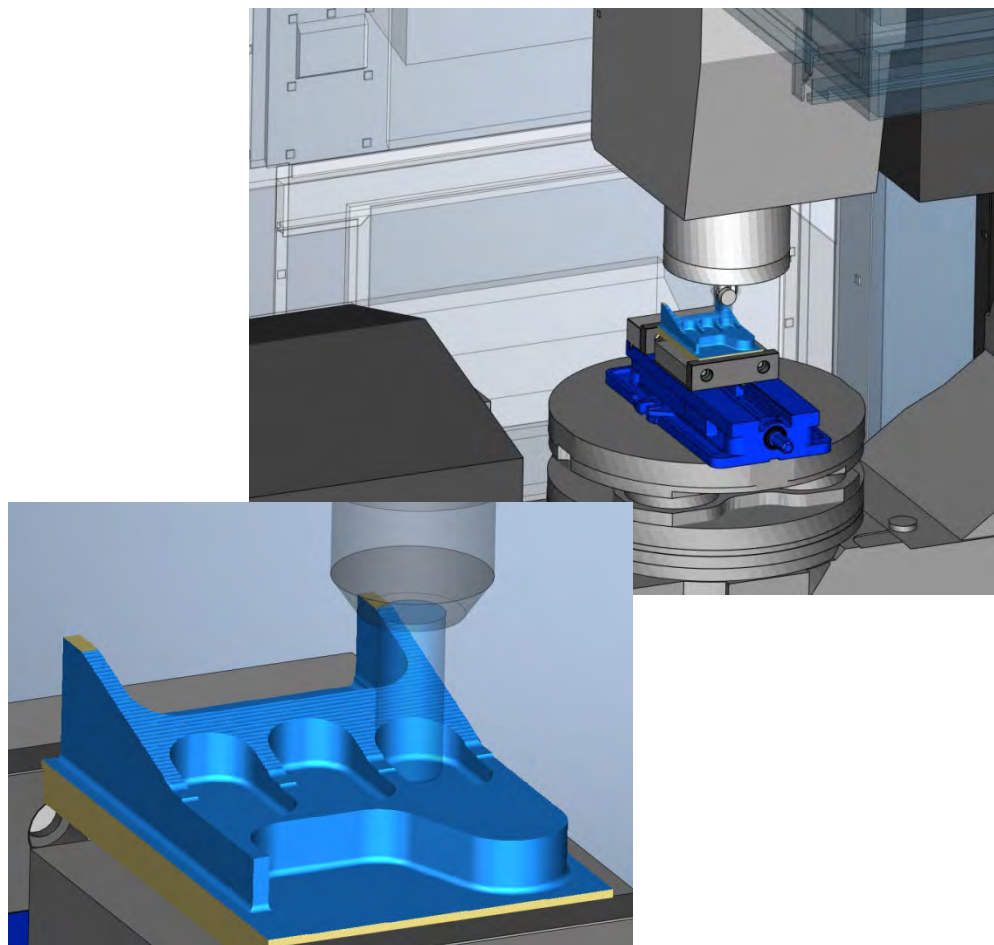
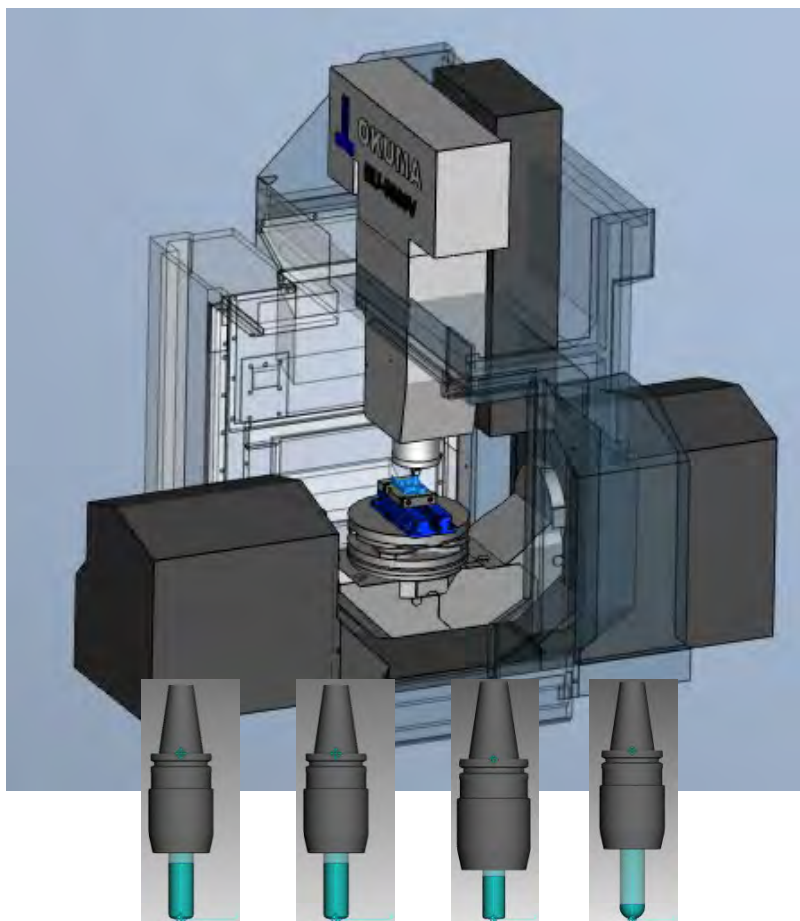
# 씨지텍

- 1988년 설립된 독립법인, 100% 자체 자본으로 운영
- NC 시뮬레이션, 검증 및 최적화 소프트웨어 시장의 글로벌 선두주자
- 본사는 미국 캘리포니아 어바인
- 12개국에 지사 및 대리점



# 모든 가공에 적합한 생산성 향상 솔루션

- NC 프로그램 시뮬레이션, 검증, 최적화



```

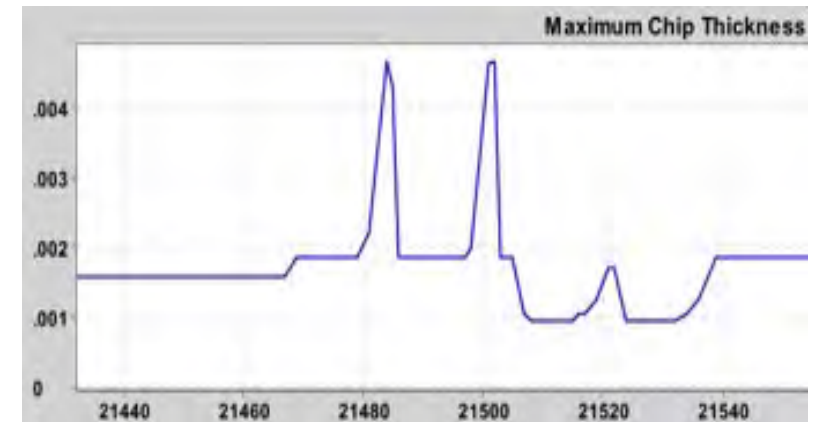
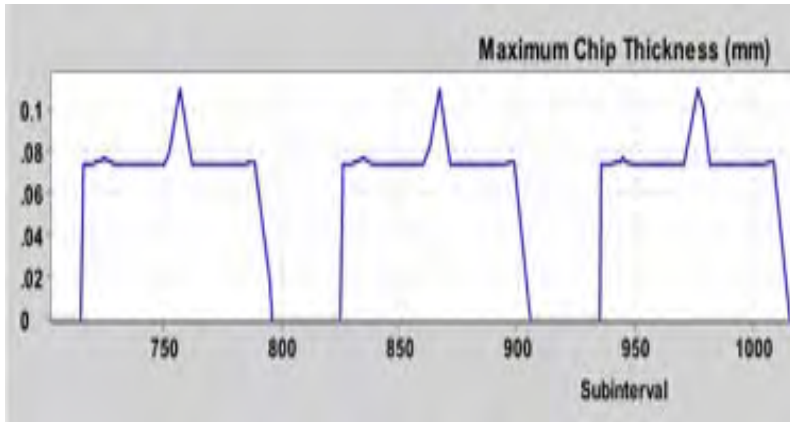
N0110 G01 Z-1.5 F95.9 M08
N0120 X-.5102 Y-.0641
N0130 X-.4995 Y-.0615
N0140 G17 G03 X-.4779 Y-.0351 I-.0126 J.0324
N0150 G02 X-.1754 Y.2588 I.6073 J-.3224
N0160 X-.0665 Y.3581 I.525 J-.4663
N0170 X.2157 Y.4445 I.2955 J-.4607
N0180 G01 X.2173 Y.4446
N0190 X4.1527
N0200 X4.1543 Y.4445
N0210 G02 X4.4365 Y.3581 I-.0133 J-.5472
N0220 X4.6451 Y.0962 I-.3635 J-.5036
N0230 X4.7629 Y-.3771 I-1.3582 J-.5891
N0240 X4.7905 Y-1.12 I-8.0465 J-.6713
N0250 G01 X4.7912 Y-1.2425
N0260 X4.7918 Y-1.47
N0270 X4.7924 Y-2.975
N0280 X4.7922 Y-3.0975
N0290 X4.7924 Y-3.7188
N0300 X4.7922 Y-3.8413
N0310 X4.7924 Y-4.4538
N0320 X4.7922 Y-4.5763
N0330 X4.7924 Y-5.1975
N0340 X4.7922 Y-5.32
N0350 X4.7924 Y-5.9325
N0360 X4.7923 Y-6.0025
N0370 X4.7921 Y-6.0113
N0380 X4.7918 Y-6.02
N0390 G02 X4.5892 Y-6.4042 I-.5536 J.0464
N0400 X4.1577 Y-6.606 I-.618 J.7593
N0410 X3.584 Y-6.6641 I-.5977 J3.0405
N0420 X2.7528 Y-6.6719 I-.8184 J42.6206
N0430 G01 X1.1253 Y-6.6717
N0440 X1.0203 Y-6.6719
N0450 X.2503 Y-6.6718
N0460 X.2416
    
```

30년 이상의 노하우

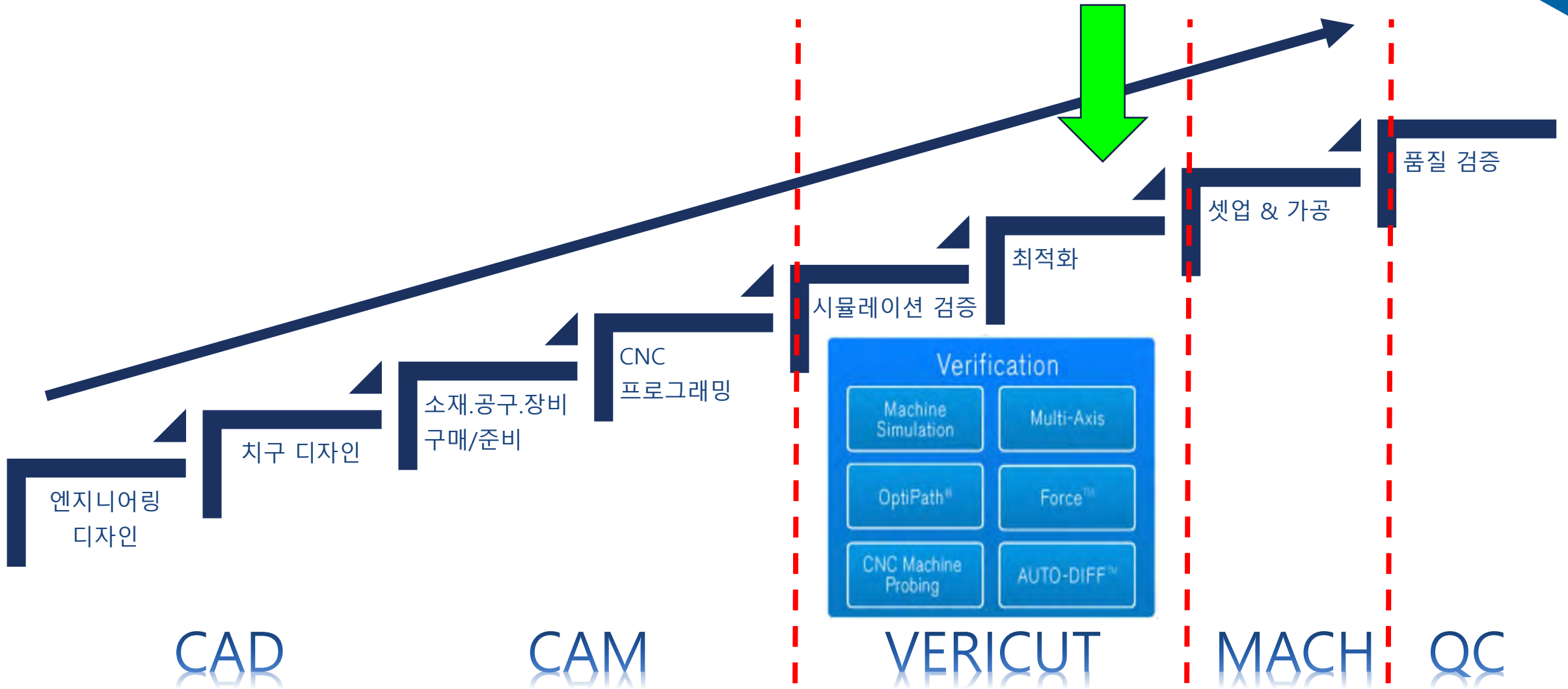
# 모든 가공에 적합한 생산성 향상 솔루션

## 가공 속도 최적화 솔루션, VERICUT FORCE

- VERICUT FORCE는 씨지텍의 가공속도 최적화 모듈
- FORCE 차트를 통해 NC 프로그램 분석과 최적화



# 모든 가공에 적합한 생산성 향상 솔루션



# 모든 가공에 적합한 생산성 향상 솔루션



수주율 향상

생산성 향상

가공 역량 향상

공구 효율 향상

가공 원가 감소

납기 단축

가공 시간 단축

치명적인 사고 예방



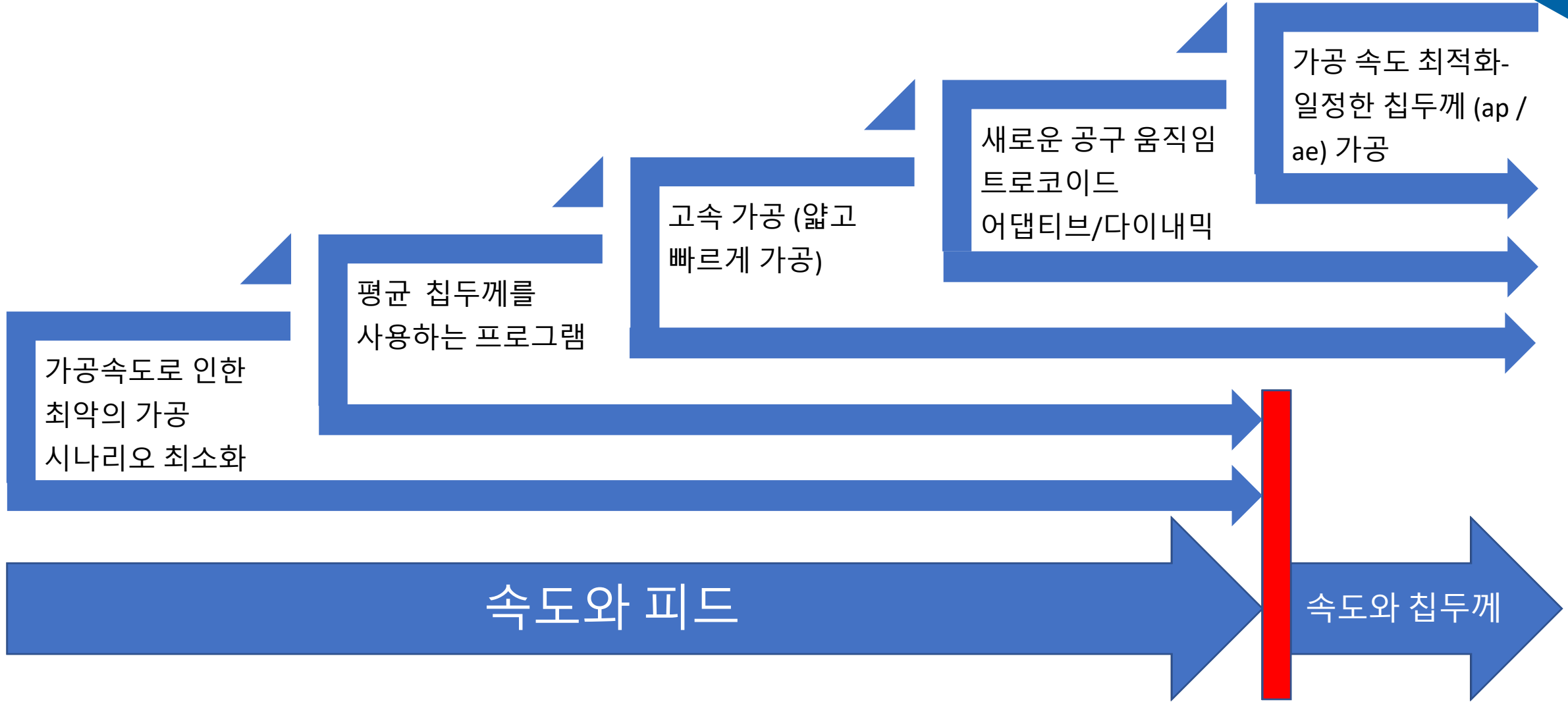
# 가공속도 최적화의 수혜자는?

- 기업 대표, 오너
- 가공 책임자, 임원
- 공정 엔지니어
- CNC 프로그래머
- 현장 작업자
- 공구 / 장비 제조사





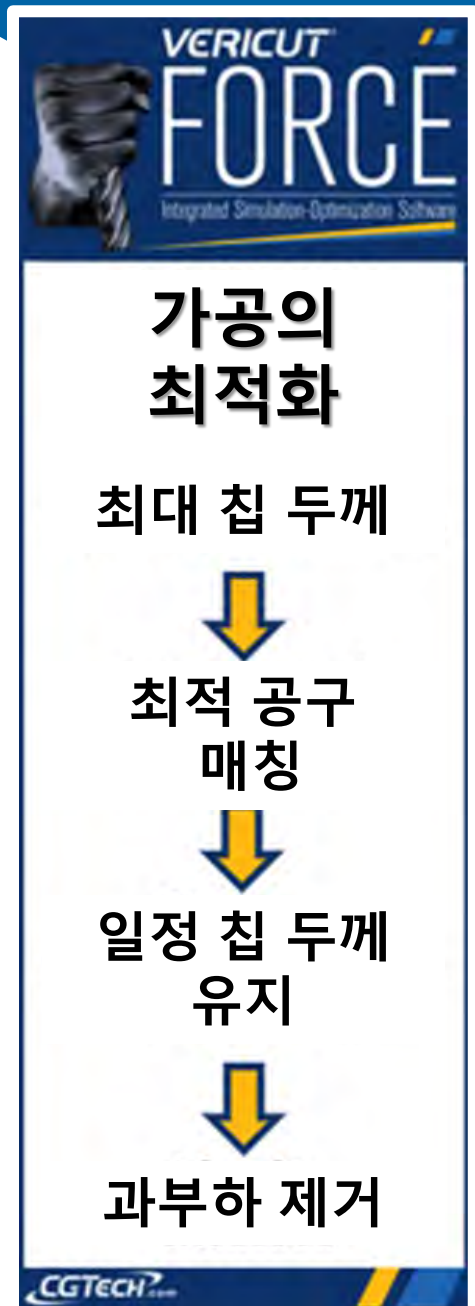
# 핵심은 칩 두께



# 목표: 최대 칩두께 ( $h_{ex}$ )

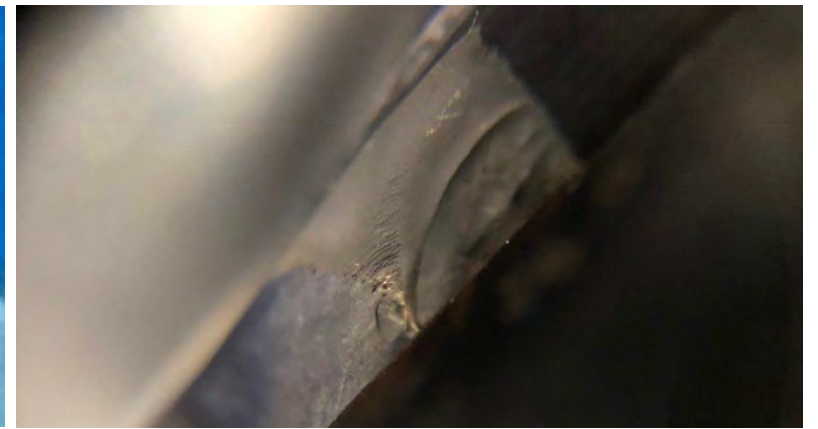
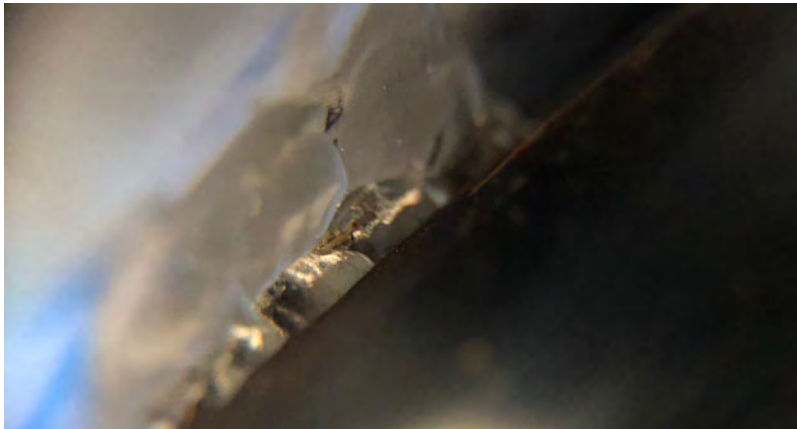
최대 칩두께는 안정적인 가공의 가장 중요한 파라미터다.

효율적 가공은 공구에 가장 적합한 최대 칩두께가 일정하게 유지될 때 가능하다.

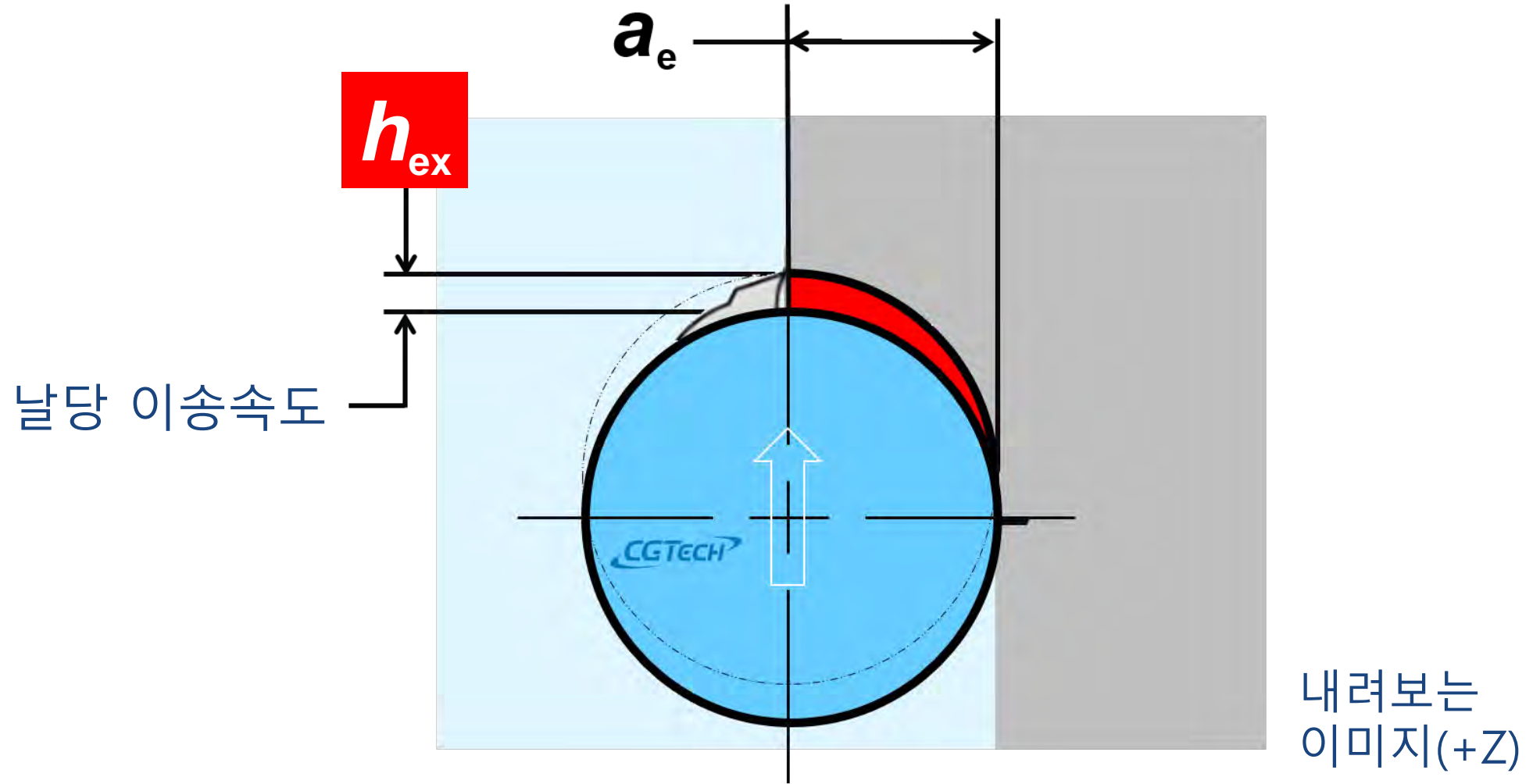


## 최대 칩두께 ( $h_{ex}$ )

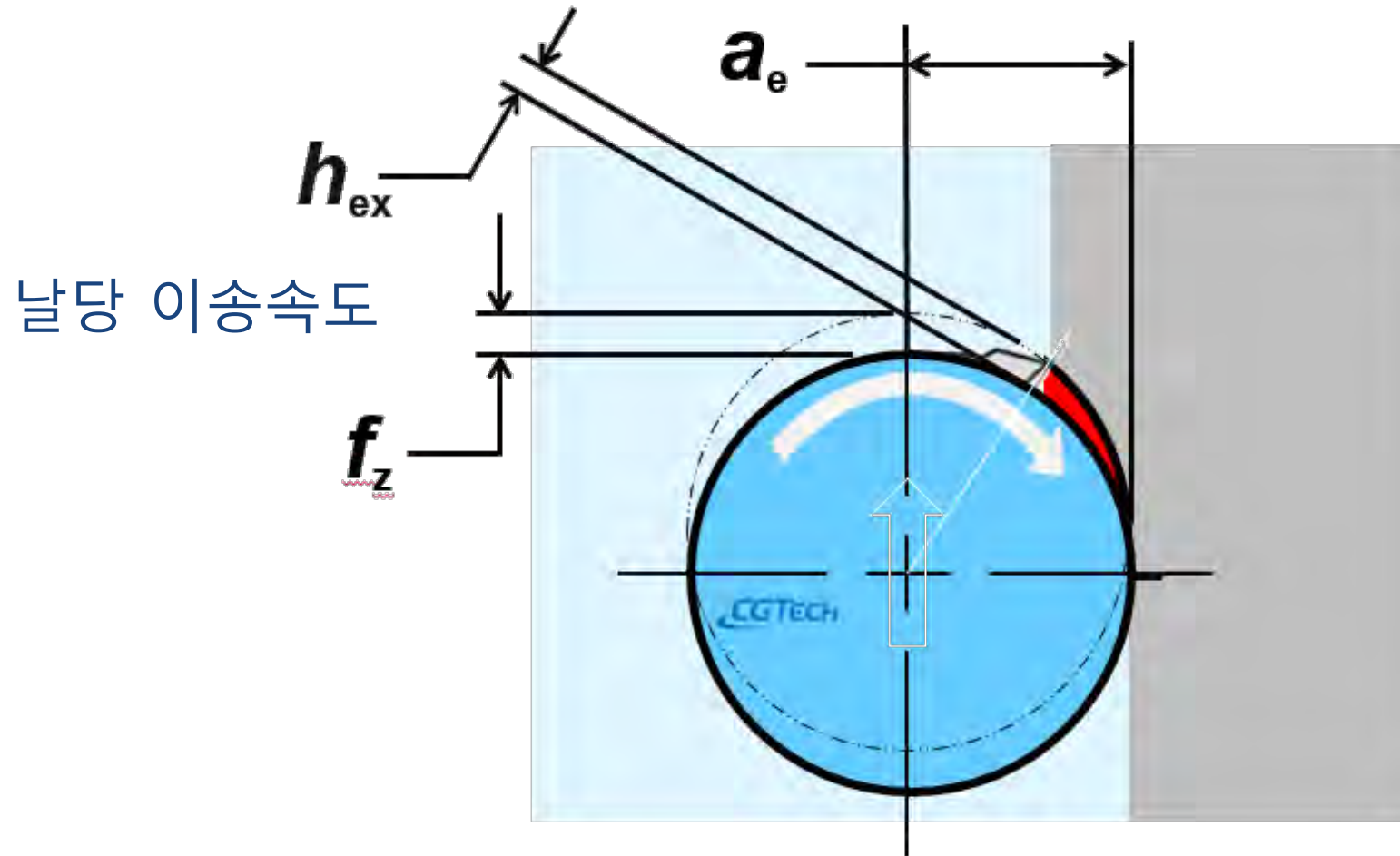
- $h_{ex}$  값이 너무 낮은, 얇은 칩은 낮은 생산성의 흔한 원인이다. 공구 수명과 칩 생성에도 안 좋은 영향을 준다.
- 너무 두꺼운 칩은 공구 과부하의 원인으로 공구가 파손될 수 있다.



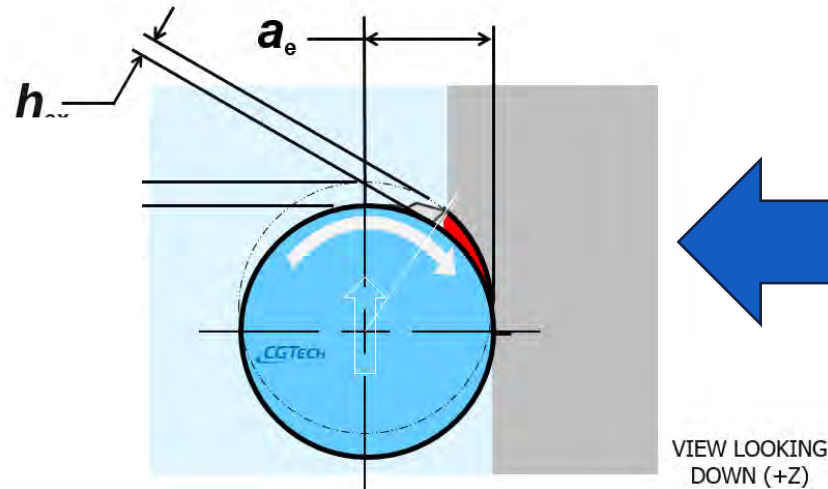
최대 칩두께 =  $h_{ex}$



최대 칩두께 =  $h_{ex}$



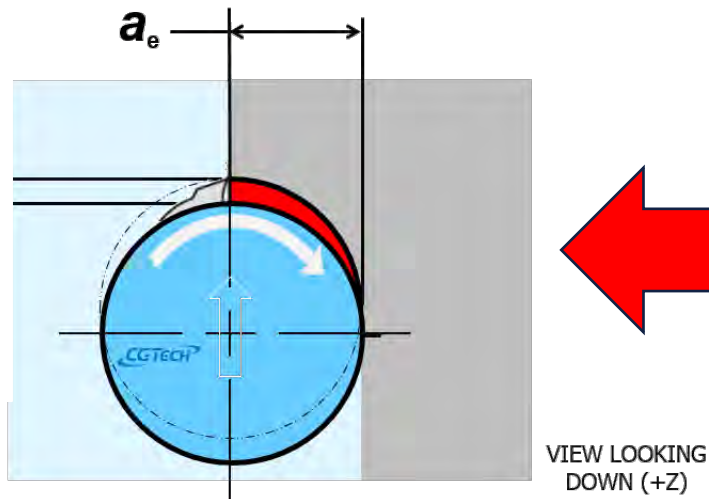
# FORCE 의 역할



## 최적화

얇은 칩(chip thinning) 현상은  $a_e$ 가 공구 지름의 50%보다 낮을 때 발생

**FORCE가 가공속도 상향 조정**



## 제한값(리미트)

FORCE가 최대 칩두께를 계산하여 제한 값을 넘지 않도록 가공속도 조정

# 최대 칩두께 = $h_{ex}$

최대 칩두께를 일정하게 유지하는 것은 매 순간 **공구**를 **최대한** 사용할 수 있게 해준다.

그 외의 장점

- 가공시간 단축
- 소재 제거율 향상
- 마찰과 열 발생 감소
- 공구 수명 연장

가공의  
최적화

최대 칩 두께



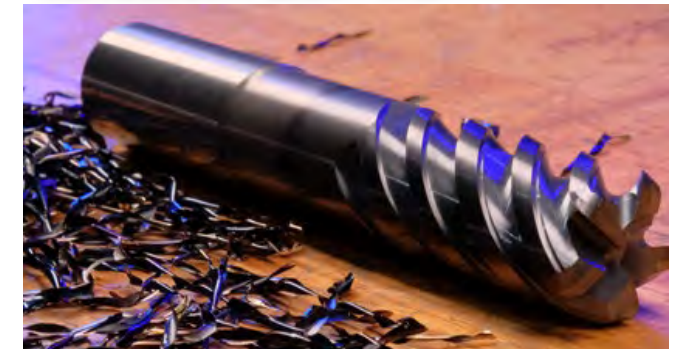
최적 공구  
매칭



일정 칩 두께  
유지



과부하 제거



# FORCE가 필요한 이유

부적절한 **가공속도**는 현장에서  
발생하는 가장 흔한 3대  
낭비요소의 하나일지도 모른다.

- Pete Haas

1- 불량, 과삭, 재가공

2- 안전한 프로그래밍 방식  
(가공전략 부재)

3- 부적절한 절삭력과 속도







확인 가능한  
분명한 어려

---

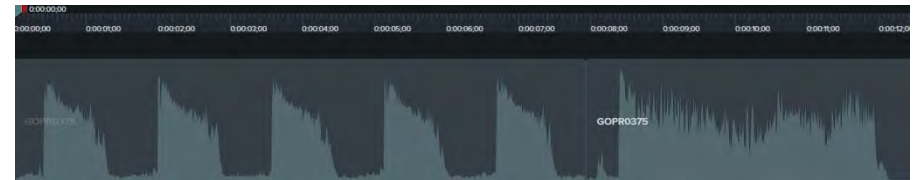
충돌, 불량, 과삭, 재가공

발견하기 어려운  
생산성 향상의 기회

---

안전만을 고려한 프로그래밍 방식, 부적절한 가공 속도

# 문제의 징후



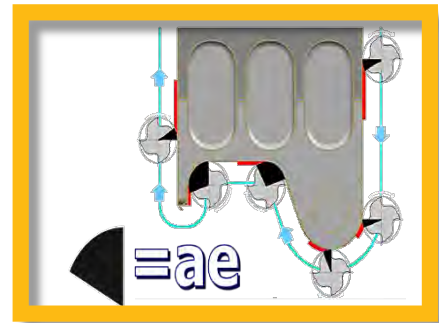
# 가공속도 최적화의 이유

1. 장비/공구를 더 효율적으로 사용하기 위해
2. CAM 시스템이 가공 조건까지 감안하지 못하기 때문에
3. CAM 시스템은 칩 컨트롤(얇은 칩 문제, 일정한 칩 두께 유지 등)에 취약

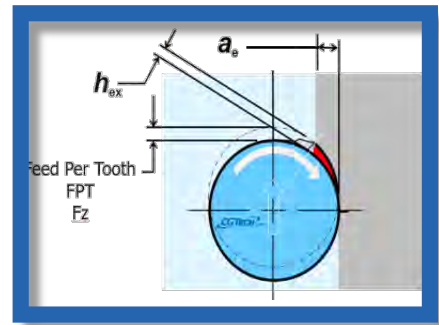
1



2

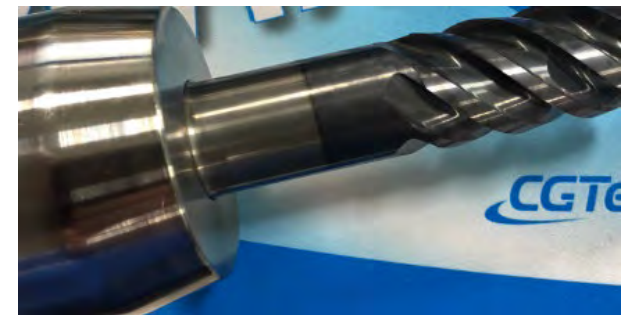


3



# FORCE의 최적화

- 공구 형상과 소재 파일을 이용하여 공구가 소재에 닿는 순간을 툴패스 전 구간에서 걸쳐 분석
- NC 프로그램을 작은 구간으로 나누어 각각의 구간에 최적의 가공 속도를 부여
- 일정한 칩 두께를 유지한 채 가공시간 단축



# 기존의 NC 프로그램

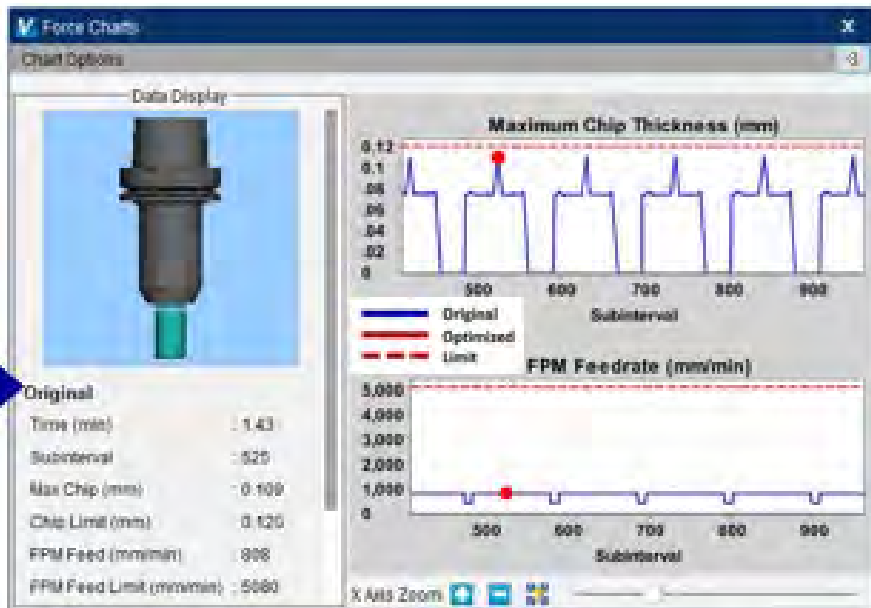
상태	이송 속도	칩 두께
최적화 적용 전 기존의 NC 프로그램	고정	가변



# FORCE 최적화 적용 후

더 빠르게  
더 안전하게

상태	이송 속도	칩 두께
최적화 적용 전 기존의 NC 프로그램	고정	가변
<b>최적화 적용 후 NC 프로그램의 새로운 기준</b>	<b>가변</b>	<b>고정</b>



# 최적화전 vs 최적화후

Compare NC Programs

NC Program Type: G-Code Data

Original NC Program

```

X4.3651 I=-3.2365 I=-.2552 J0.
X4.4577 Y=-3.2603 IO. J=-.2552
G1 X4.4361 Y=-3.2716 Z.9434 F49.01
X4.3016 Y=-3.3725 Z.9291
X4.2756 Y=-3.4063 Z.9255

G2 X4.2424 Y=-3.457 I=-1.2449 J.7777
G3 X4.2403 Y=-3.4602 I.0619 J-.0423

X4.1273 Y=-3.7485 I.5323 J-.3751

X4.0731 Y=-4.4476 I4.4908 J-.6998

X4.0682 Y=-4.701 I55.8392 J-1.2046
G2 X4.0683 Y=-4.7172 I=-2.4409 O=-.0162

X4.0117 Y=-5.2398 I=-2.441 J0.
X3.6492 Y=-5.7672 I=-.8424 J.1907
X3.2671 Y=-5.8786 I=-.3821 J.5998

X2.8279 Y=-5.7268 IO. J.7112

X2.4689 Y=-5.3062 I.8054 J1.0511

X2.3283 Y=-5.0594 I9.3896 JS.5141

G3 X2.0524 Y=-4.7202 I=-.9491 J-.49

X1.5923 Y=-4.5319 I=-.6325 J-.8893
X1.177 Y=-4.4883 I=-.4153 J-1.9565
    
```

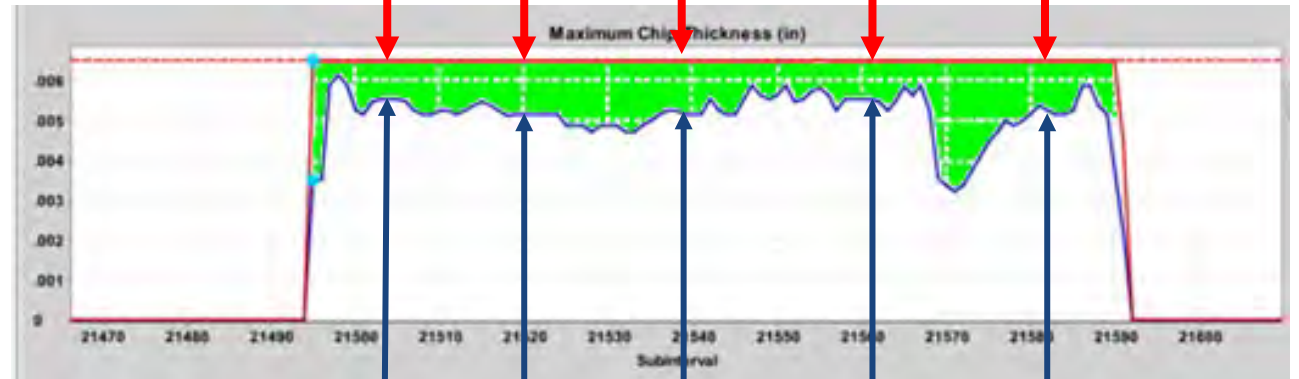
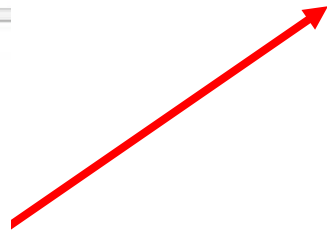
Optimized NC Program

```

X4.3651 I=-3.2365 I=-.2552 J0.
X4.4577 Y=-3.2603 IO. J=-.2552
G1 X4.4361 Y=-3.2716 Z.9434 F750.
X4.3016 Y=-3.3725 Z.9291
X4.2756 Y=-3.4063 Z.9255 F100.
G2 X4.2593 Y=-3.4318 I=-1.2443 JO. 7786
G2 X4.2424 Y=-3.457 I=-1.228 JO. 8041 F90.5
G3 X4.2403 Y=-3.4602 I.0619 J-.0423
X4.1992 Y=-3.5266 IO.5324 J-0.375 F54.2
X4.1423 Y=-3.6718 IO.5734 J-0.3085 F51.9
X4.1273 Y=-3.7485 IO.6303 J-0.1633 F54.2
X4.1146 Y=-3.8353 I4.4908 J-0.6998 F61.9
X4.1036 Y=-3.9224 I4.5035 J-0.613 F58.3
X4.0765 Y=-4.2722 I4.5145 J-0.526 F57.6
X4.074 Y=-4.3599 I4.5416 J-0.1761 F58.3
X4.0731 Y=-4.4476 I4.5441 J-0.0884 F60.5
X4.0713 Y=-4.5321 I55.8392 J-1.2065 F61.9
X4.0682 Y=-4.701 I55.8409 J-1.122 F60.5
G2 X4.0683 Y=-4.7172 I=-2.4409 J-.0162 F61.9
X4.0667 Y=-4.805 I-2.441 JO. F60.5
X4.062 Y=-4.8926 I=-2.4394 JO. 0878 F59.1
X4.0431 Y=-5.0671 I=-2.4347 JO. 1754 F58.3
X4.0289 Y=-5.1537 I-2.4158 JO. 3499 F59.1
X4.0117 Y=-5.2398 I=-2.4016 JO. 4365 F60.5
X3.6492 Y=-5.7672 I=-.8424 J.1907 F61.9
X3.2671 Y=-5.8786 I=-.3821 J.5998 F65.3
X3.1106 Y=-5.8612 IO. JO. 7112
X3.0348 Y=-5.8396 IO. 1.65 JO. 6938 F67.4
X2.9618 Y=-5.8097 IO. 2.323 JO. 6722 F65.3
X2.8925 Y=-5.772 IO. 3.053 JO. 6433 F63.7
X2.8279 Y=-5.7268 IO. 3.746 JO. 6046 F61.9
X2.6262 Y=-5.5354 IO. 8.055 J1.051 F60.5
X2.5159 Y=-5.3862 I1.0072 JO. 8597 F61.9
X2.4689 Y=-5.3062 I1.1174 JO. 7104 F57.6
X2.3978 Y=-5.1833 I9.3902 JS.513 F60.5
X2.3628 Y=-5.1214 I9.4613 JS.39 F61.9
X2.3283 Y=-5.0594 I9.4963 JS.3282 F57.6
G3 X2.235 Y=-4.9103 I-0.949 J-0.4901 F54.2
X2.1184 Y=-4.7785 I-0.8557 J-0.6393 F56.7
G3 X2.0524 Y=-4.7202 I-0.7391 J-0.7711 F54.2
Y1.9825 Y=-4.6744 I-0.6325 J-0.8893 F58.3
Y1.9093 Y=-4.6341 I-0.5626 J-0.9351 F57.6
Y1.8332 Y=-4.5995 I-0.4894 J-0.9754 F55.5
X1.6743 Y=-4.5483 I-0.4133 J-1.01 F54.8
X1.5923 Y=-4.5319 I-0.2544 J-1.0612 F56.7
X1.177 Y=-4.4883 I=-.4153 J-1.9565 F57.6
X1.0821 Y=-4.4801 I=-.2.000 F60.5
    
```

```

G3 X4.2403 Y-3.4602 I.0619 J-.0423
X4.1992Y-3.5266IO.5324J-0.375F54.2
X4.1423Y-3.6718IO.5734J-0.3085F51.9
X4.1273Y-3.7485IO.6303J-0.1633F54.2
X4.1146Y-3.8353I4.4908J-0.6998F61.9
X4.1036Y-3.9224I4.5035J-0.613F58.3
X4.0765Y-4.2722I4.5145J-0.526F57.6
X4.074Y-4.3599I4.5416J-0.1761F58.3
X4.0731Y-4.4476I4.5441J-0.0884F60.5
    
```

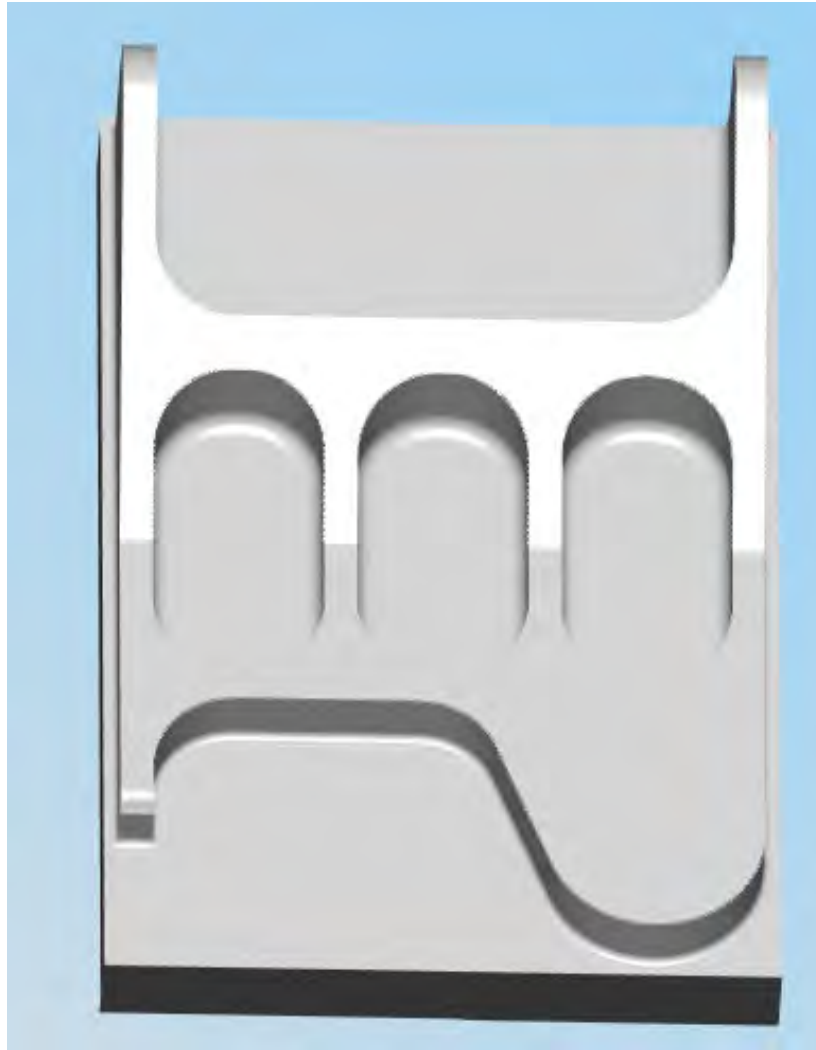


```

G3 X4.2403 Y-3.4602 I.0619 J-.0423

X4.1273 Y-3.7485 I.5323 J-.3751
    
```

# 예 - 항공 브라켓





**Force Charts**

Chart Options

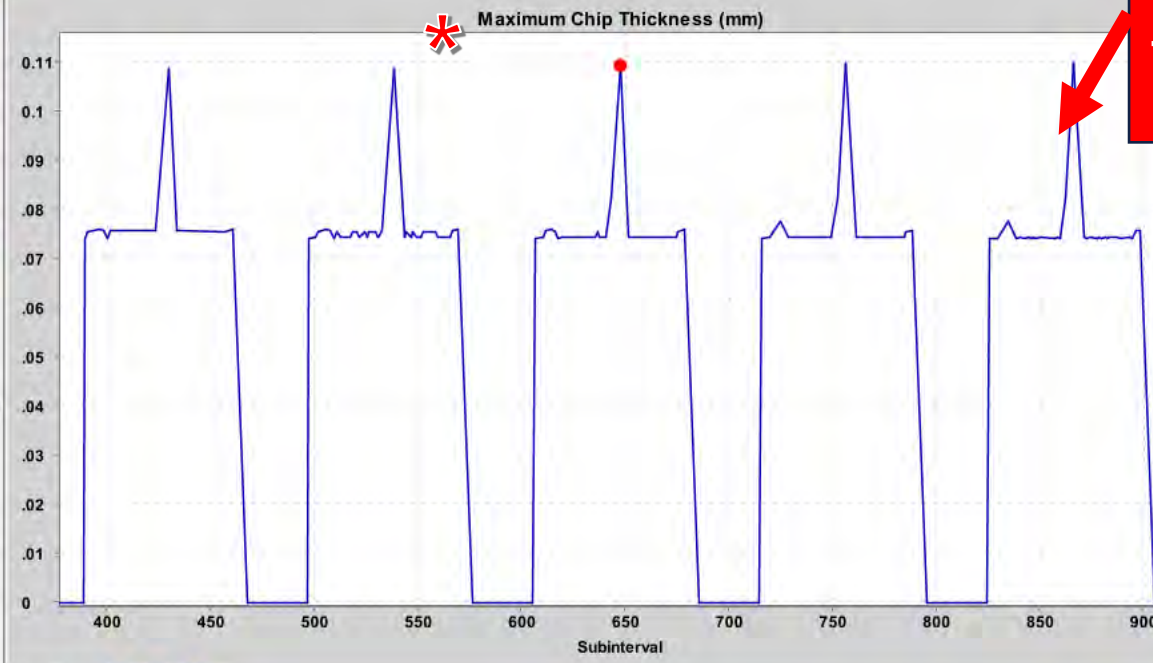
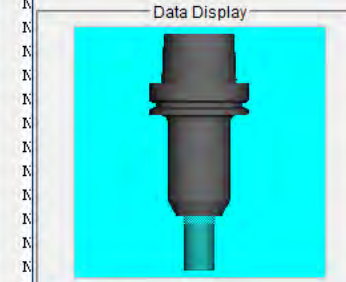
Original NC Program  Import 1

Optimized NC Program  Import 2

Tool Change: 1-46 X Axis: Subinterval Units: Millimeter  NC Program Click  Legends  Data Display  Mouse Followers  Limits

Chip Thickness  Total Force  Radial/Axial Force  Machine Force  Torque  Power  Removal Rate  Deflection  FPM Feedrate  FPR Feedrate  FPT Feedrate

Spindle Speed  Surface Speed



Original

Time (min) : 1.74 \*

Subinterval : 648 \*

Max Chip (mm) : 0.10 \*

Line 105 : N107 G03 X2.632 I2.63

Tool ID : 46

Tool Change : N6 T46 M6

aerospace\_bracket.mcd

N142 X-78.396 Y129.114

N143 Z8.127

N144 G01 Z5.127 F404.

N145 X-65.696 Y130.918

Number 46

Description T46

Surface Speed 0

Spindle (Spindle) 1704,CW

OP Chip Thickness 0

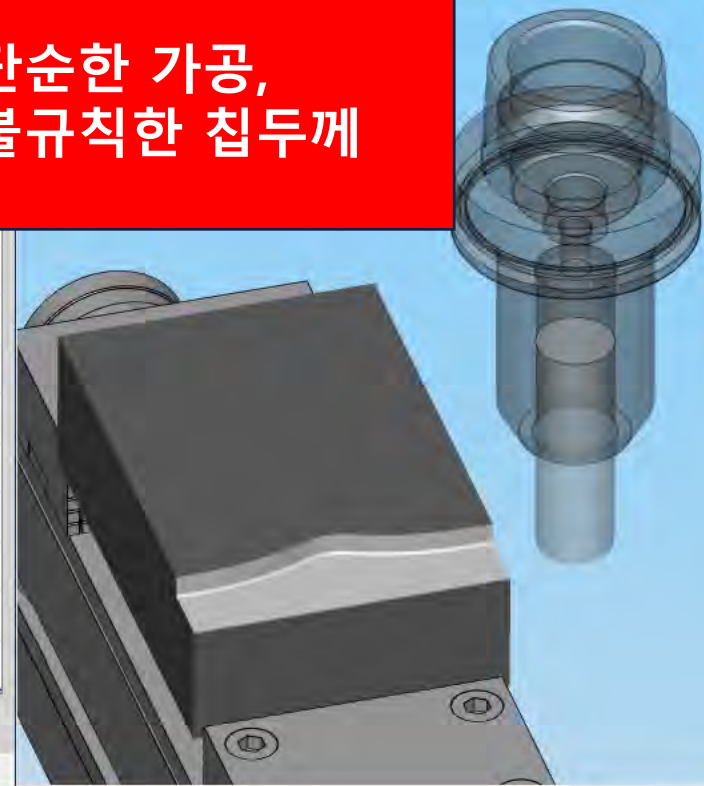
Axial Depth 0

Radial Width 0

Feedrate 404 MMPM

OP Feed 5080 MMPM

**단순한 가공,  
불규칙한 칩두께**



N158 G01 Z5.127 F404.

N159 X-65.696 Y127.887

N160 G02 X-50.347 Y129.033 I15.795 J-108.167 F808.

N161 G01 X-44.588

N162 G02 X-2.909 Y120.561 I-.53 J-109.369

N163 G03 X2.909 I2.909 J7.043

N164 G02 X44.582 Y129.033 I42.209 J-100.897

N165 G01 X50.342

N166 G02 X64.742 Y128.023 I-.432 J-109.305

N167 G01 X77.442 Y126.283

Line 142 : aerospace\_bracket.mcd

LIMIT COLL PROBE SUB COMP CYCLE FEED OPTI READY

VERICUT Logger

Notice I46 BLOCK N3353 X50. F8808. (EDIT TYPO F808.) Intentional typo of F8808.

Should be F808. Example to show Force & Chip thickness spike and how Force Optimization fixes the problem.

Tool path rewind performed

Optimization turned on

Tool path rewind performed

Force Material created by CGTech for VERICUT SM=Titanium+6Al4v CM=Carbide CE=Straight.

**\* 프로그램으로 칩 두께를 0.12mm로 설정 -  
> 현실은 칩싸닝 현상 때문에 의도한 대로  
가공이 되지 않음**

**Force Charts**

Chart Options

Original NC Program  Import 1  
 Optimized NC Program  Import 2

Tool Change 1:46 X Axis Subinterval Units Millimeter  NC Program Click  Legends  Data Display  Mouse Followers  Limits

Chip Thickness  Total Force  Radial/Axial Force  Machine Force  Torque  Power  Removal Rate  Deflection  FPM Feedrate  FPR Feedrate  FPT Feedrate  
 Spindle Speed  Surface Speed

Data Display

**Original**

Time (min) :  
 Subinterval :  
 Max Chip (mm) :  
 Force (N) :  
 FPM Feed (mm/min) :  
 Line :  
 Tool ID :  
 Tool Change :

X Axis Zoom

**aerospace\_bracket.mcd**

```
N230 G02 X-50.292 Y114.033 I15.794 J-
N231 G01 X-44.654
N232 G02 X-3.346 Y104.285 I-.464 J-94
N233 G03 X3.346 I3.346 J6.846
N234 G02 X44.621 Y114.033 I41.773 J-8
```

**Number 46**

**Description T46**

**Surface Speed 136**

**Spindle (Spindle) 1704,CW**

**OP Chip Thickness 0.1094**

**Axial Depth 7.6969**

**Radial Width 7.9402**

**Feedrate 808 MM/PM**

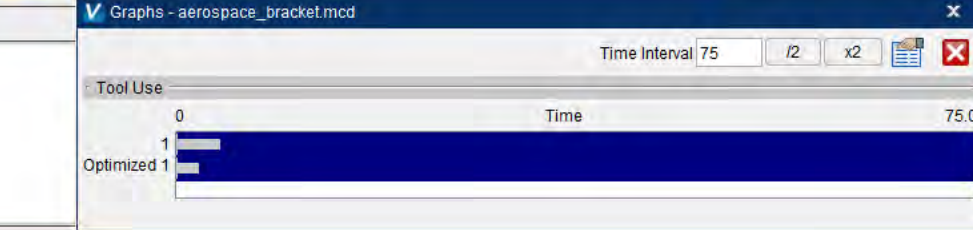
**OP Feed 885 MM/PM**

```
N248 G02 X44.629 Y111.033 I41.669 J-81.315
N249 G01 X50.282
N250 G02 X64.742 Y109.821 I-.373 J-91.305
N251 G01 X77.442 Y107.73
N252 Z8.127
N253 G00 Z23.288
N254 X-78.395 Y104.302
N255 Z8.127
N256 Z8.127
```

Line 230 : aerospace\_bracket.mcd

**VERICUT Logger**

Reset Model Completed...  
 Optimization turned on  
 Tool path rewind performed  
 Force Material created by CGTech for VERICUT SM=Titanium+6Al4v CM=Carbide CE=Straight.



N144 G01 Z5.127 F404.

N145 X-65.696 Y130.918

N146 G02 X-50.359 Y132.033 I15.795 J-111.198 **F808.**

N147 G01 X-44.574

N148 G02 X-2.834 Y123.775 I-.544 J-112.369

N149 G03 X2.834 I2.834 J7.073

N150 G02 X44.575 Y132.033 I42.284 J-104.111

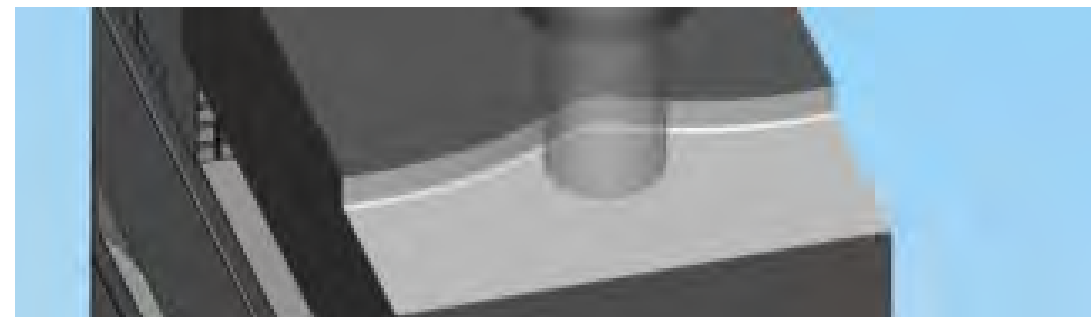
N151 G01 X50.354

N152 G02 X64.742 Y131.05 I-.444 J-112.305

N153 G01 X77.442 Y129.358

N154 Z8.127

N155 G00 Z23.288



**Force Charts**

Chart Options

Original NC Program  Import 1

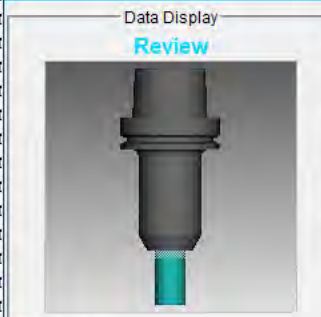
Optimized NC Program  Import 2

Tool Change 1: 46 X Axis Subinterval Units Inch  NC Program Click  Legends  Data Display  Mouse Followers  Limits

Chip Thickness  Total Force  Radial/Axial Force  Machine Force  Torque  Power  Removal Rate  Deflection  FPM Feedrate  FPR Feedrate  FPT Feedrate

Spindle Speed  Surface Speed

NC Program Review Mode:  Review Followers  Keep Followers Centered



**Original**

Time (min) : 50.24

Subinterval : 21410

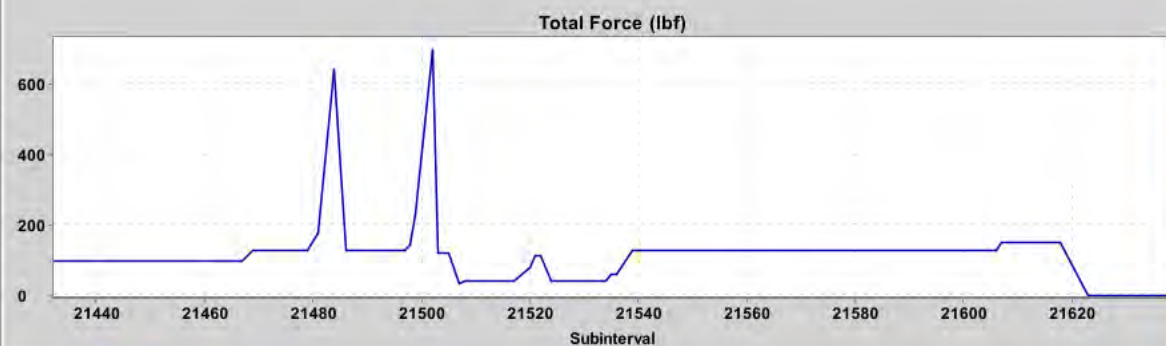
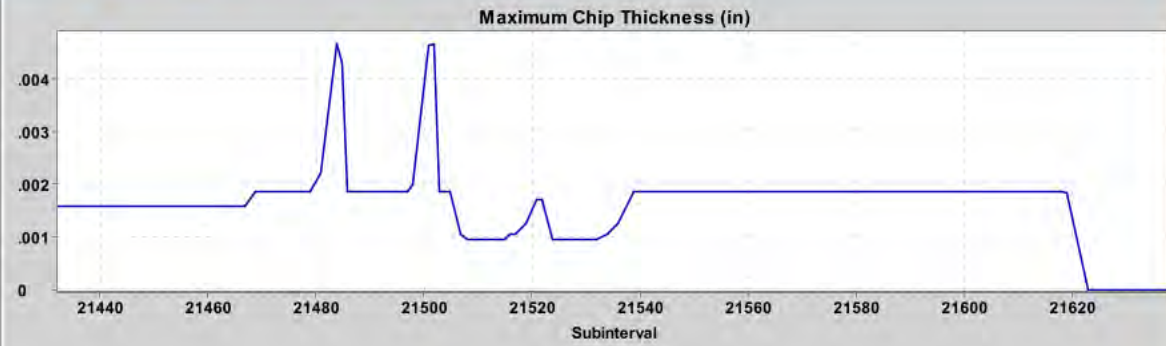
Max Chip (in) : 0.00167

Force (lbf) : 97.79

Line 3236 : N3240 G01 Y122.778 F80

Tool ID : 46

Tool Change : N6 T46 M6



X Axis Zoom

aerospace\_bracket.mcd

N8487 M05  
 N8488 M09  
 N8489 T0 M6  
 N8490 M30  
 %

**Number 46**

**Description T46**

**Surface Speed 136**

**Spindle (Spindle) 1704,CW**

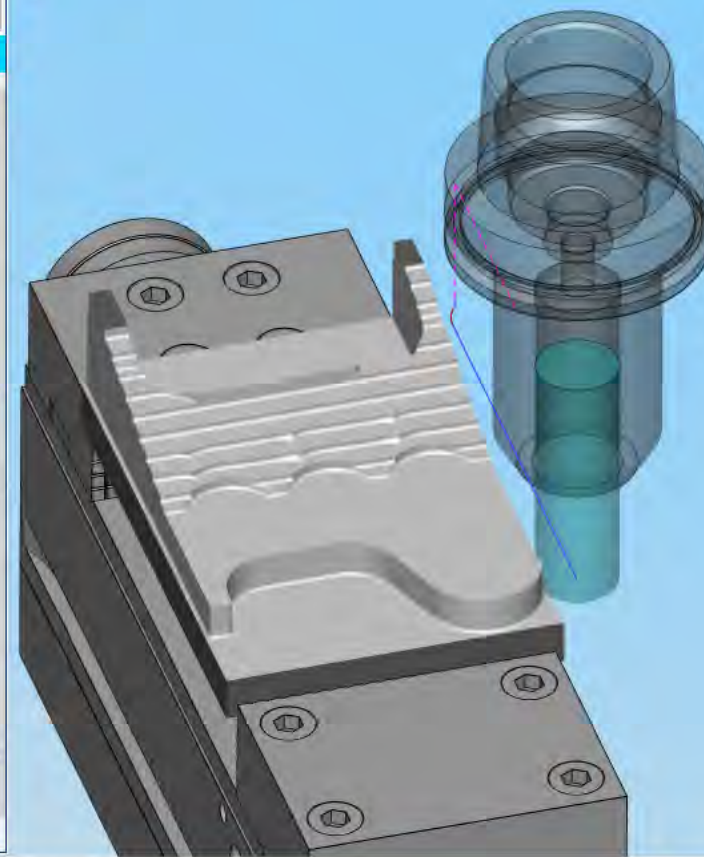
**OP Chip Thickness 0.0473**

**Axial Depth 34.8717**

**Radial Width 1.0855**

**Feedrate 808 MMPM**

**OP Feed 2205 MMPM**



```

N3254 G02 X45. Y132.7 I12.7 J0.0
N3255 G01 X50.
N3256 G02 X62.7 Y120. I0.0 J-12.7
N3257 G01 Y-10.
N3258 G03 X65.7 Y-18.198 I12.7 J0.0
N3259 G01 Z-19.947
N3260 G00 Z20.
N3262 (OP104_CAVITY_MILL-1_COPY_1)
    
```

Line 3236 : aerospace\_bracket.mcd

VERICUT Logger

Fast feed exceeded the maximum feed limit (5081) with tool "46" loaded in compone

Fast feed exceeded the maximum feed limit (5081) with tool "46" loaded in compone

Warning: Force deflection not supported for insert tool types (Tool 38). No defle

Optimized toolpath file created: aerospace\_bracket.opti

Graphs - aerospace\_bracket.mcd

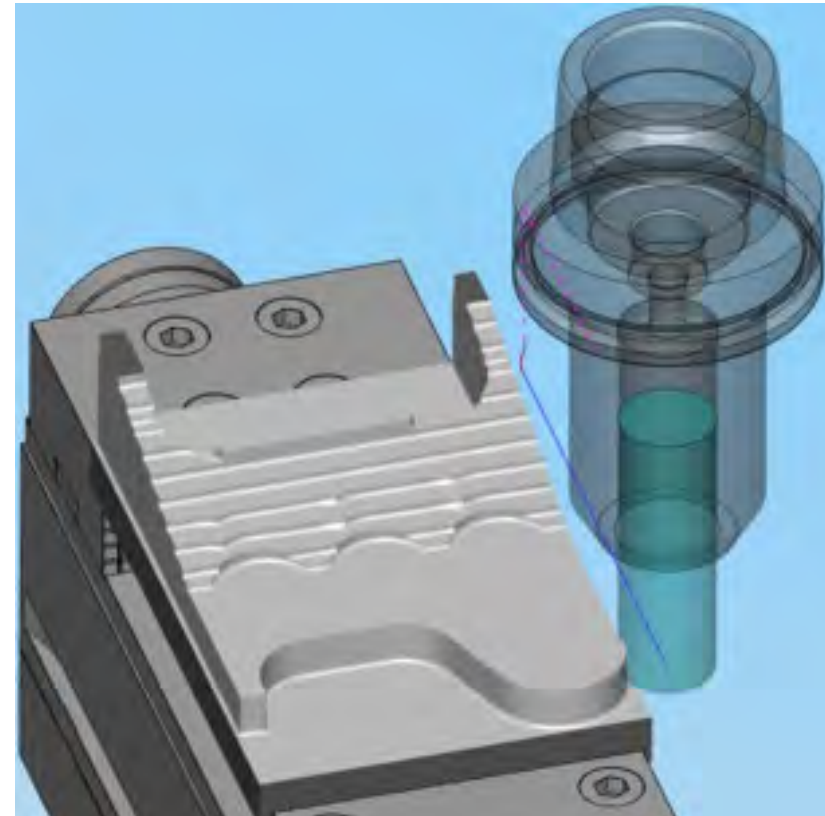
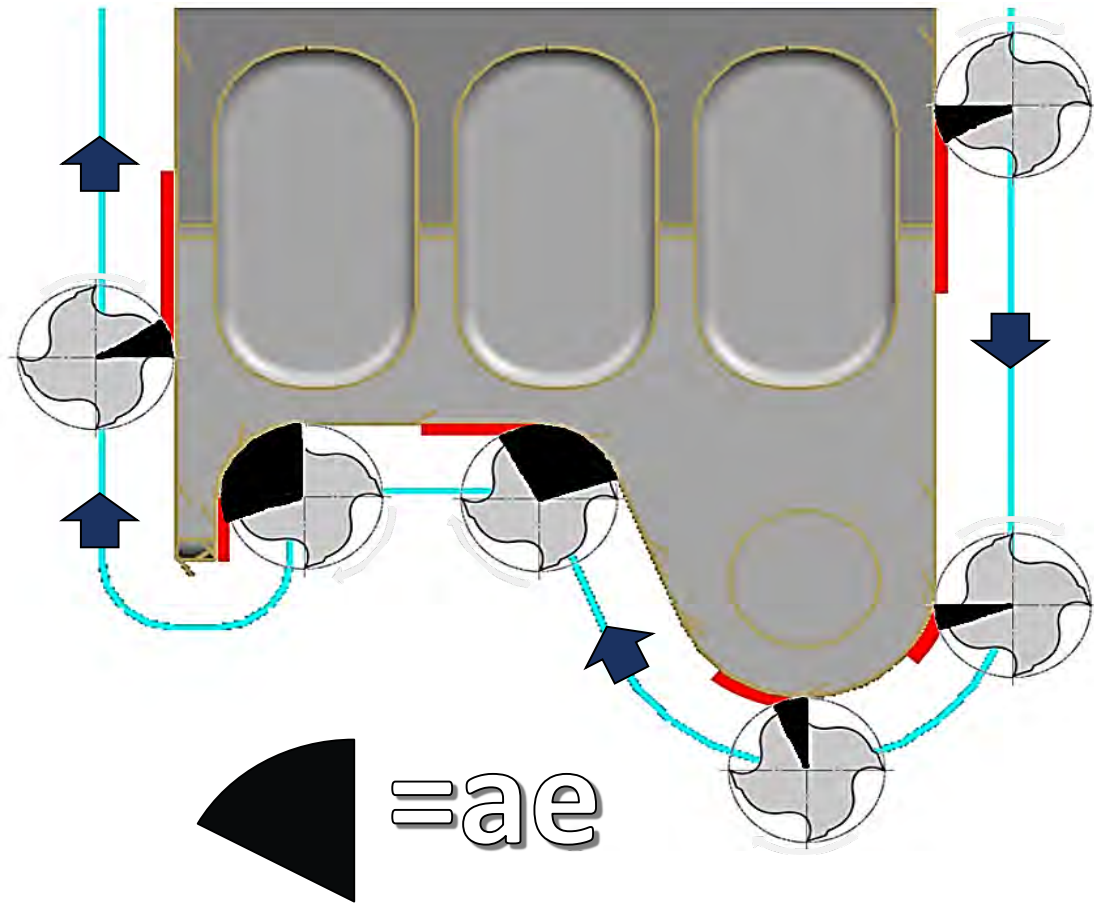
Time Interval 75 /2 x2

Tool Use

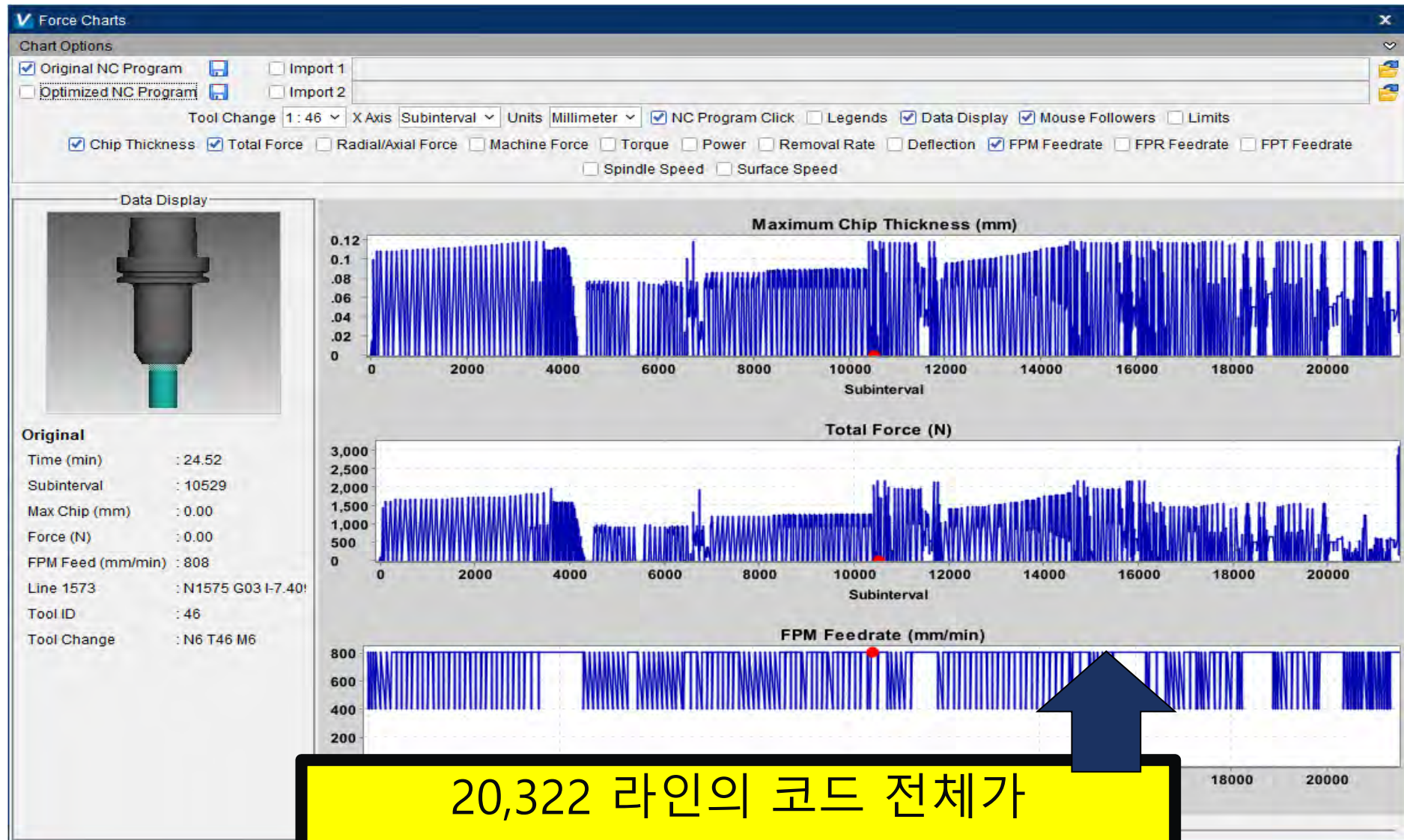
0 Time 75

Optimized 1

# 변화하는 가공 조건

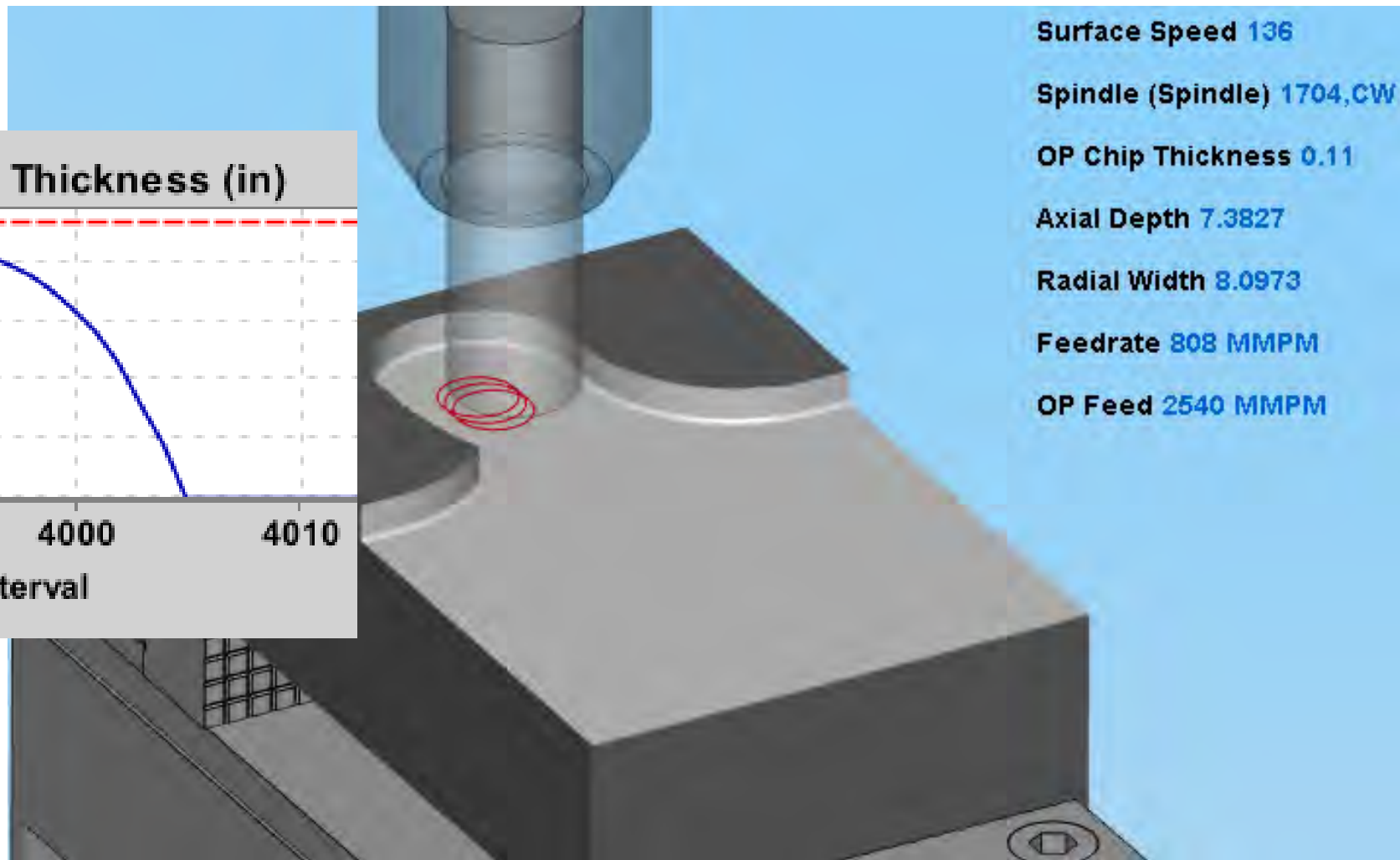
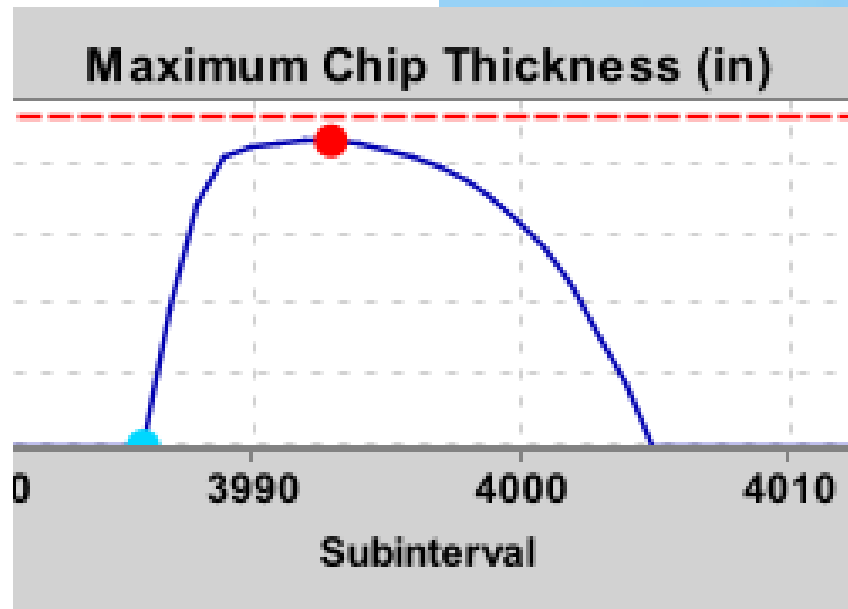


# 브라켓 황삭 샘플



20,322 라인의 코드 전체가  
단일 가공속도(808mm/M)로 절삭

# 트로코이드 방식



Surface Speed 136

Spindle (Spindle) 1704,CW

OP Chip Thickness 0.11

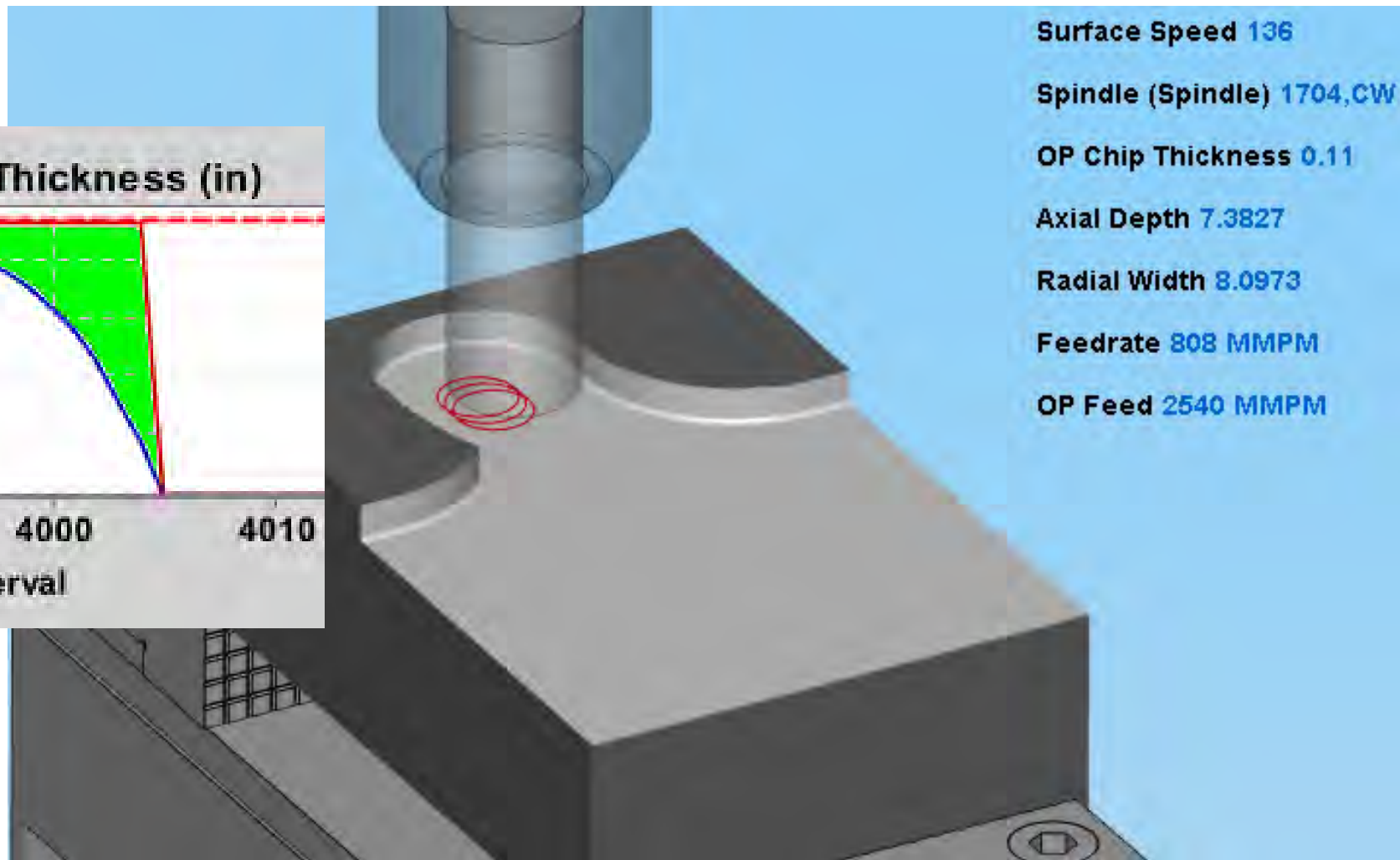
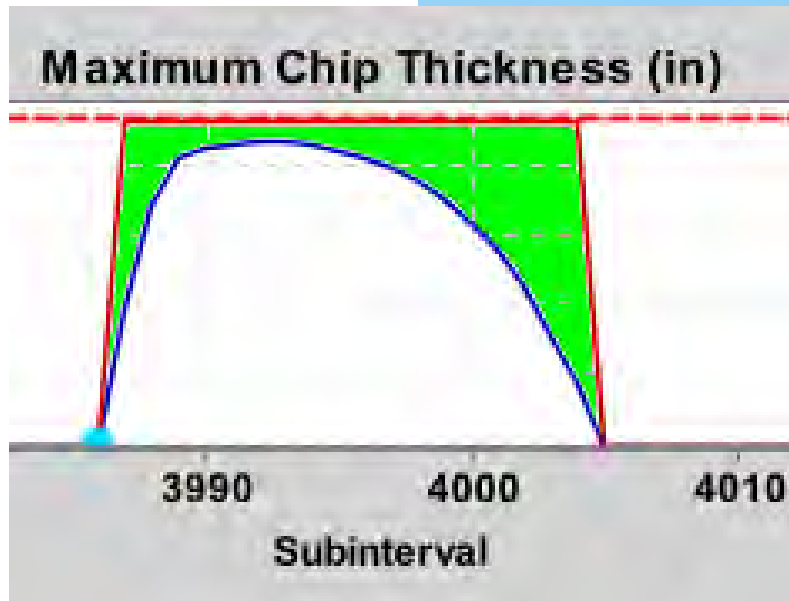
Axial Depth 7.3827

Radial Width 8.0973

Feedrate 808 MPPM

OP Feed 2540 MPPM

# 트로코이드 방식



Surface Speed 136

Spindle (Spindle) 1704,CW

OP Chip Thickness 0.11

Axial Depth 7.3827

Radial Width 8.0973

Feedrate 808 MPPM

OP Feed 2540 MPPM



# 칩두께

- 최대값인가?
- 일정한가?
- CAM 시스템에서 가져온 값은 아닌가?

가공의  
최적화

최대 칩 두께



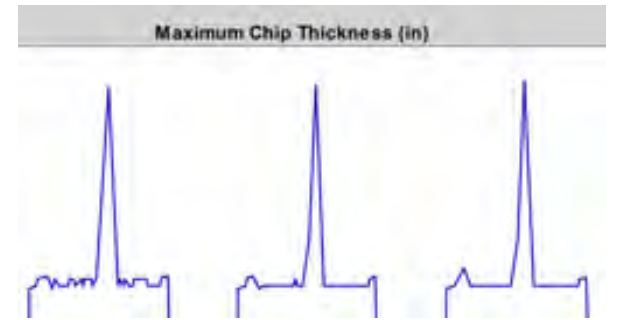
최적 공구  
매칭



일정 칩 두께  
유지



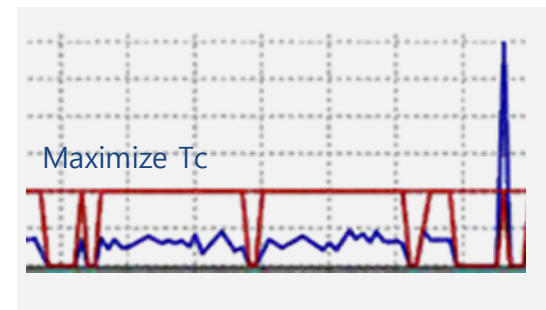
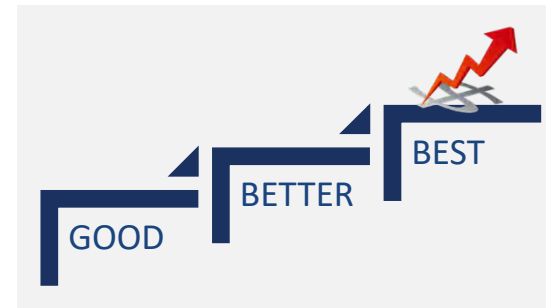
과부하 제거

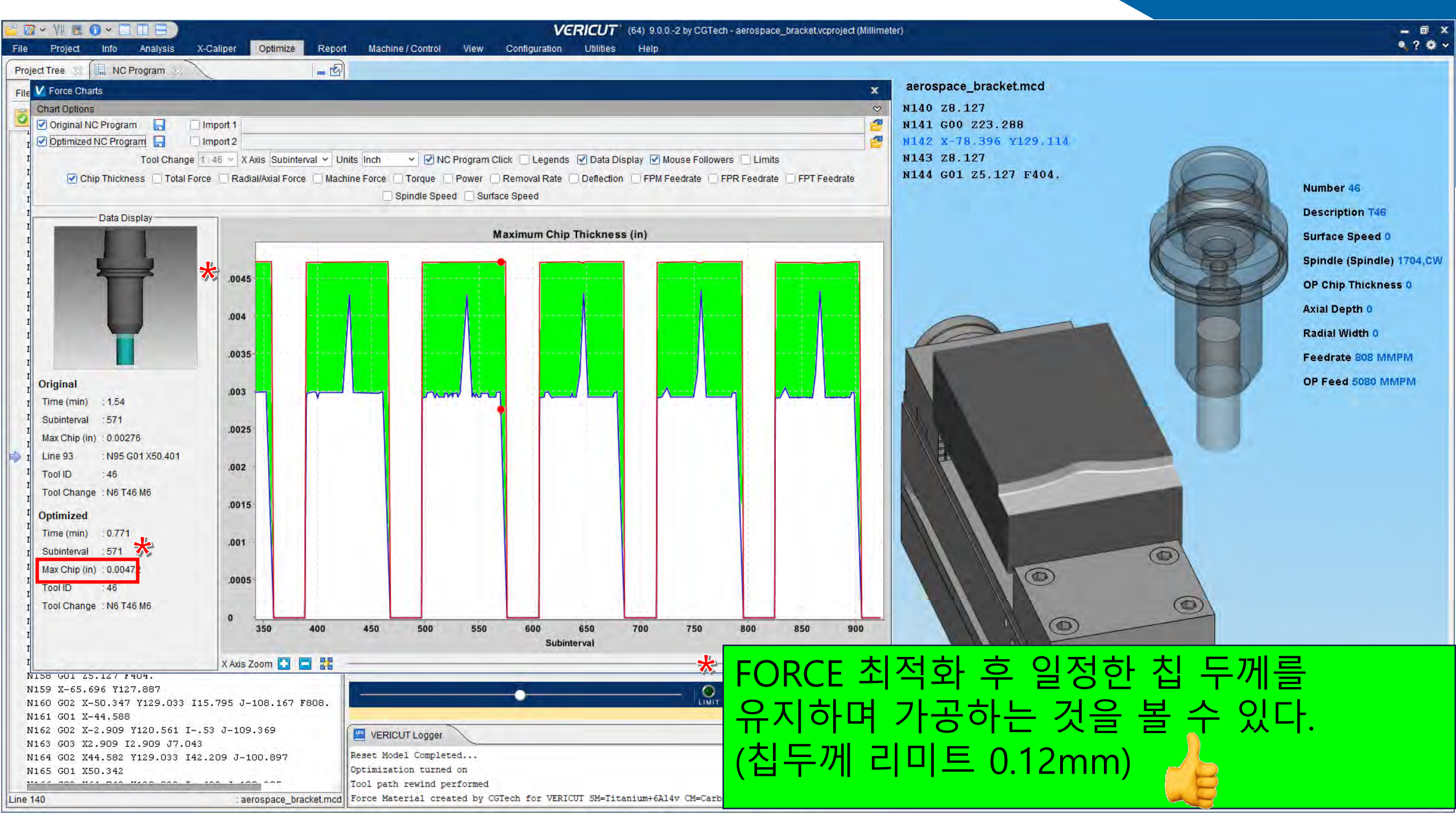


# 최적화란?

*최적화의 정의:*

어떤 조건 아래에서 주어진  
함수를 가능한 최대 또는 최소로  
하는 일





**Force Charts**

Chart Options

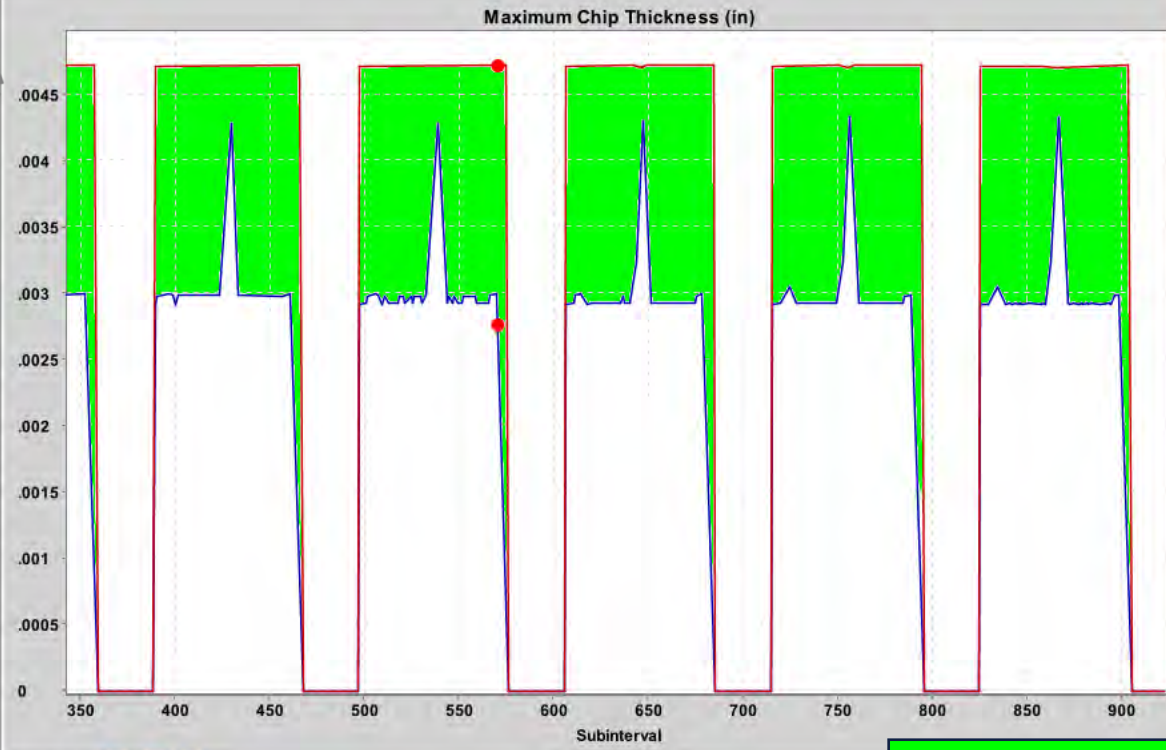
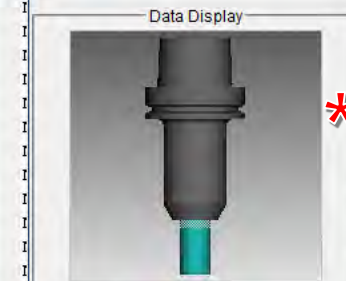
Original NC Program  Import 1

Optimized NC Program  Import 2

Tool Change 1:46 X Axis Subinterval Units Inch  NC Program Click  Legends  Data Display  Mouse Followers  Limits

Chip Thickness  Total Force  Radial/Axial Force  Machine Force  Torque  Power  Removal Rate  Deflection  FPM Feedrate  FPR Feedrate  FPT Feedrate

Spindle Speed  Surface Speed



Original

Time (min)	: 1.54
Subinterval	: 571
Max Chip (in)	: 0.00276
Line 93	: N95 G01 X50.401
Tool ID	: 46
Tool Change	: N6 T46 M6

Optimized

Time (min)	: 0.771
Subinterval	: 571 *
Max Chip (in)	: 0.0047
Tool ID	: 46
Tool Change	: N6 T46 M6

aerospace\_bracket.mcd

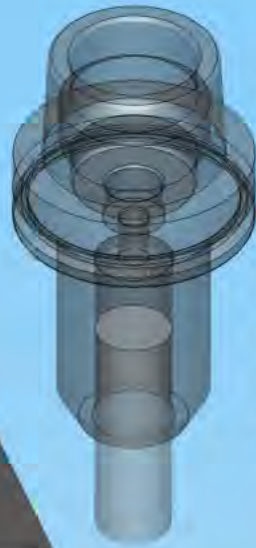
N140 Z8.127

N141 G00 Z23.288

N142 X-78.396 Y129.114

N143 Z8.127

N144 G01 Z5.127 F404.



Number	46
Description	T46
Surface Speed	0
Spindle (Spindle)	1704,CW
OP Chip Thickness	0
Axial Depth	0
Radial Width	0
Feedrate	808 MMPM
OP Feed	5080 MMPM

N158 G01 Z5.127 F404.

N159 X-65.696 Y127.887

N160 G02 X-50.347 Y129.033 I15.795 J-108.167 F808.

N161 G01 X-44.588

N162 G02 X-2.909 Y120.561 I-.53 J-109.369

N163 G03 X2.909 I2.909 J7.043

N164 G02 X44.582 Y129.033 I42.209 J-100.897

N165 G01 X50.342

Line 140 : aerospace\_bracket.mcd

VERICUT Logger

Reset Model Completed...

Optimization turned on

Tool path rewind performed

Force Material created by CGTech for VERICUT SM=Titanium+6Al4v CM=Carb

FORCE 최적화 후 일정한 칩 두께를 유지하며 가공하는 것을 볼 수 있다. (칩두께 리미트 0.12mm) 👍

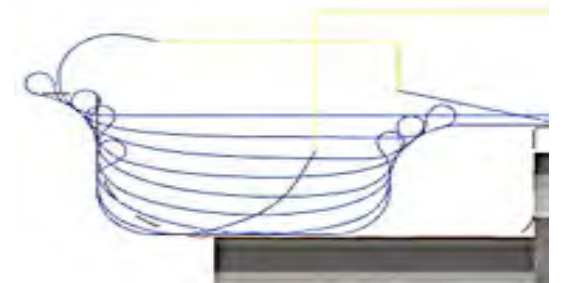
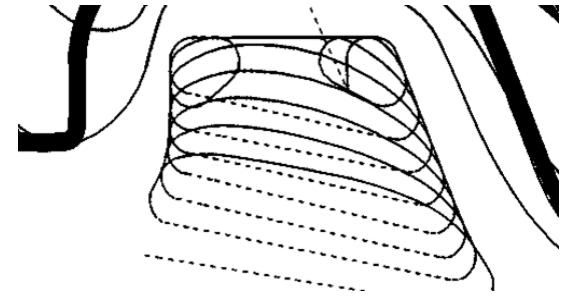
# 어댑티브 밀링의 경우는?



## 어댑티브 밀링/터닝이란?

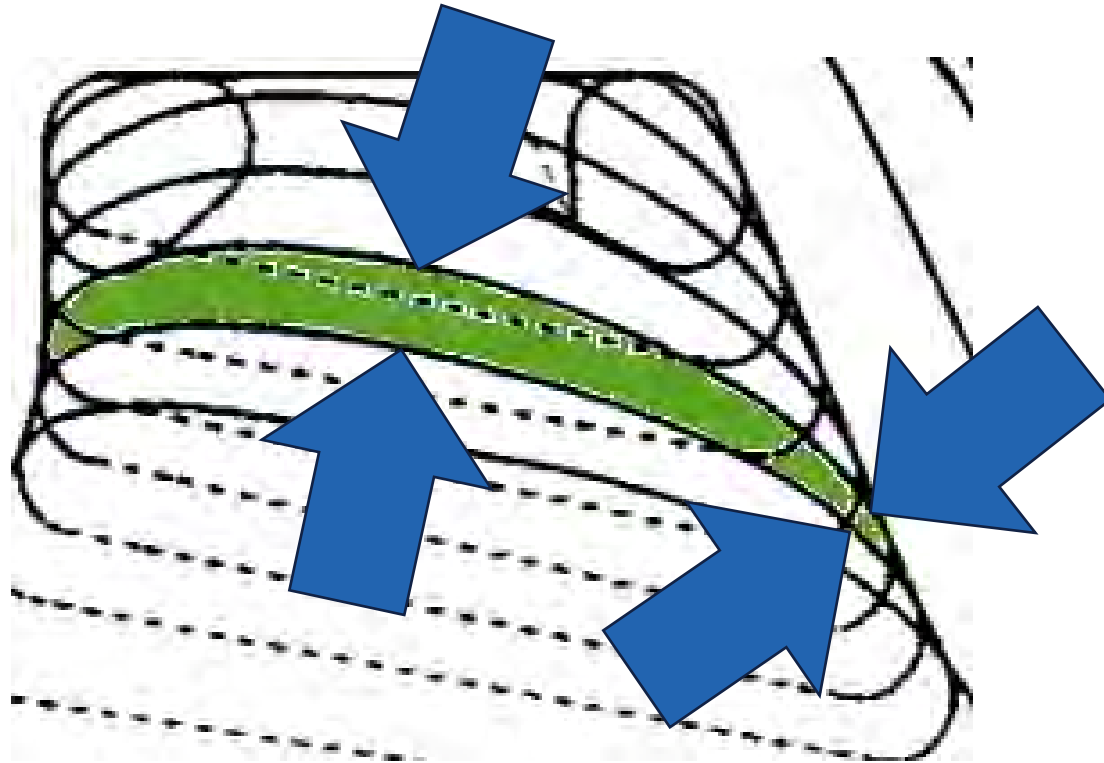
- 부드럽고 흐르는 듯한 동작으로 가공 형상과 비슷하게 점차 절삭해 나가는, 한 단계 발전된 가공 패턴

일정한 칩 두께뿐 아니라  
일정한 가공 넓이(ae)까지!



$$2 \times \frac{CT \times D}{\sqrt{(D \times RDOC) - RDOC^2}}$$

# 문제점



모든 절삭 구간을 동일한  
이송 속도로 가공  
= 일정한 칩 두께로  
가공하기 힘들다.

일정한 칩 두께뿐 아니라  
일정한 가공 넓이(ae)까지!

# 어댑티브 밀링의 예

**NC Program Review**

File Edit Utilities Settings

Setup PROGRAM-4140-STEEL

NC Program cam\_OKUMA\_MILL\_aerospace-br...

Tool Display Solid Line Display On

```

N2220 X2.2379 Y-5.7979 Z-1.5
N2230 G03 X2.2654 Y-5.6758 I-.07
N2240 X2.1855 Y-5.4871 I-2.1714
N2250 X1.9174 Y-5.2389 I-.6315
N2260 X1.2902 Y-5.0828 I-.5679
N2270 X.9829 Y-5.185 I.089 J-.5
N2280 X.9308 Y-5.2721 I-.1
N2290 G01 Y-5.3954
N2300 G03 X.9829 Y-5.185 I.089 J-.5
N2310 G01 X1.089 J-.5
N2320 X1.0369 Y-5.2721
N2330 X1.1775 Y-5.0828
N2340 X1.9873 Y-5.6758
N2350 X2.0895 Y-5.6758
N2360 X2.1219 Y-5.6759
N2370 X2.153 Y-5.6656 Z-1.5
N2380 X2.1778 Y-5.6446 Z-1.5
N2390 G03 X2.2039 Y-5.6758 I-.07
N2400 X2.1237 Y-5.3352 I-.07
N2410 X1.8891 Y-5.1105 I-.5777
N2420 X1.7568 Y-5.0482 I-.2413
N2430 G01 X1.1418 Y-5.0492
N2440 G03 X.9707 Y-5.1113 I.0215
N2450 X.9308 Y-5.1874 I.089 J-.5
N2460 G01 Y-5.2899
N2470 G03 X1.1097 Y-5.3485 I.107
N2480 G01 X1.234 Y-5.2416
N2490 G03 X1.1623 Y-5.0482 I-.07
N2500 X1.0195 Y-5.0503 I-.0312
N2510 X.9308 Y-5.1585 I.0227 J-.5
N2520 G01 Y-5.1995
                    
```

**Force Charts**

Chart Options

Original NC Program  Import 1

Optimized NC Program  Import 2

Tool Change 1:701 X Axis Subinterval Units Project Units  NC Program Click  Legends  Data Display  Mouse Followers  Limits  Fill Comparison


Chip Thickness  Total Force  Radial/Axial Force  Machine Force  Torque  Power  Removal Rate  Deflection  FPM Feedrate  FPR Feedrate  FPT Feedrate

Spindle Speed  Surface Speed

**NC Program Review Mode:**  Review Followers  Keep Followers Centered

Data Display

**Review**



**Tool Change Times**

Tool ID : 701

Tool Change : N0060 M06 T0701

Original (min) : 3.66

Optimized (min) : 2.06

Time Savings (%) : 43.75

**Original**

Time (min) : 2.53


Subinterval : 1099

Max Chip (in) : 0.00306

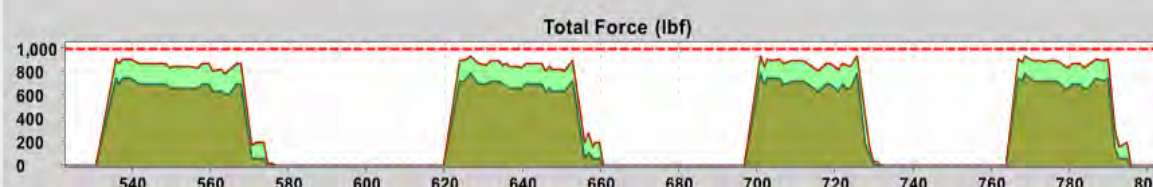
Chip Limit (in) : 0.00375

Force (lbf) : 770.95

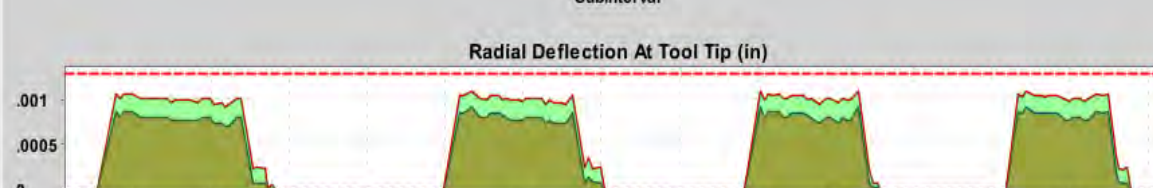
**Maximum Chip Thickness (in)**




**Total Force (lbf)**



**Radial Deflection At Tool Tip (in)**



X Axis Zoom 

**Number 701**

**Description** ROUGHING 1.000 DC\_DS\_RE\_6.ZEPF

**Spindle (Spindle)** OFF

**Surface Speed** 330

**Feedrate** 29 IPM

**Volume Removal**

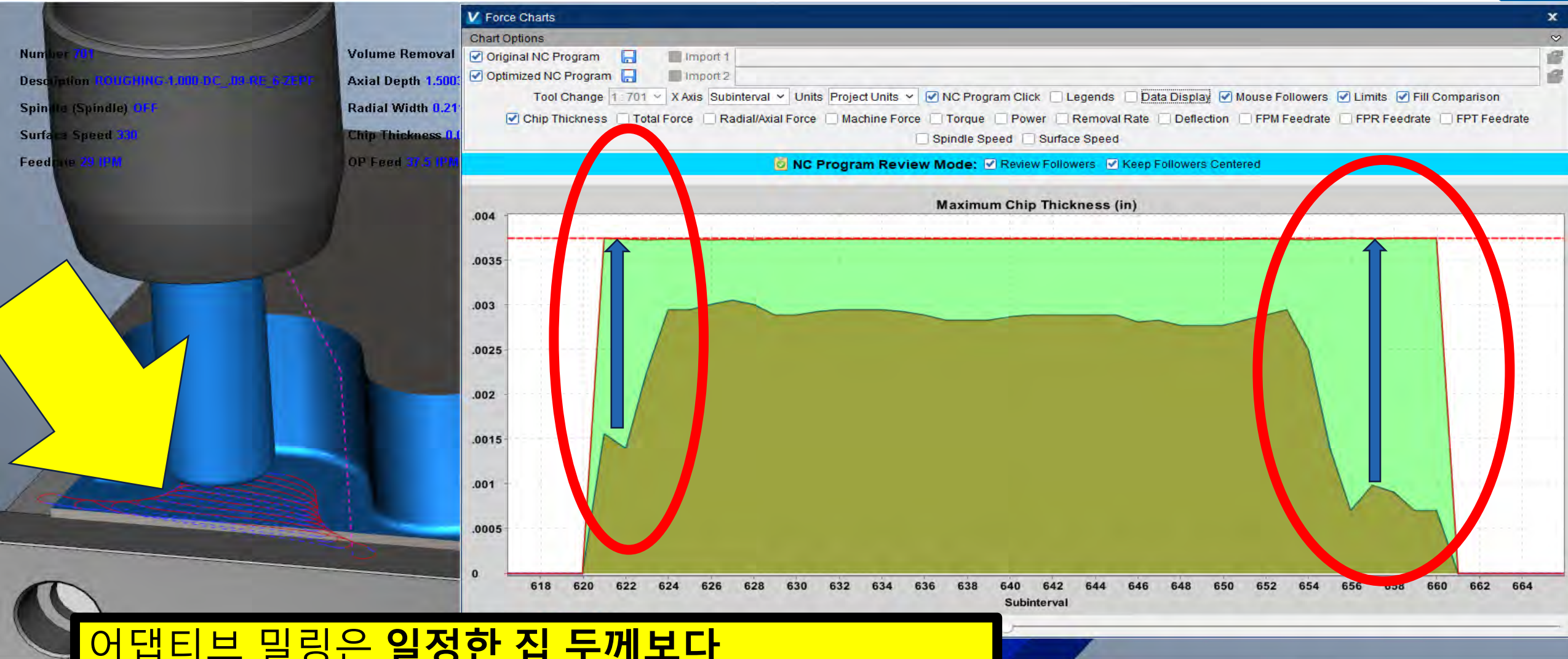
**Axial Depth** 1.500

**Radial Width** 0.21

**Chip Thickness** 0.00306

**OH Feed** 37.5 IPM

# 어댑티브 밀링의 예



어댑티브 밀링은 일정한 칩 두께보다  
일정한 가공 폭이(ae)가 더 핵심



# 칩 씨닝

- 소재 제거의 목표는 절삭 넓이( $ae$ )와 TEA의 변화에 따라 이송 속도를 조절하여 일정한 칩 두께를 달성하는 것입니다.
- 다음은 업계에서 사용하는 칩 씨닝 해결 공식입니다.

$$2 \times \frac{CT \times D}{\sqrt{(D \times RDOC) - RDOC^2}}$$

- 하지만 이 공식은 한 가지의 절삭 조건에만 맞추어져 있습니다.
- NC 코드를 작은 구간으로 나누어 각 구간에 가장 적당한 이송 속도를 적용해 주어야 일정한 칩 두께를 달성할 수 있습니다.

VERICUT FORCE의 역할이 바로 이것입니다.

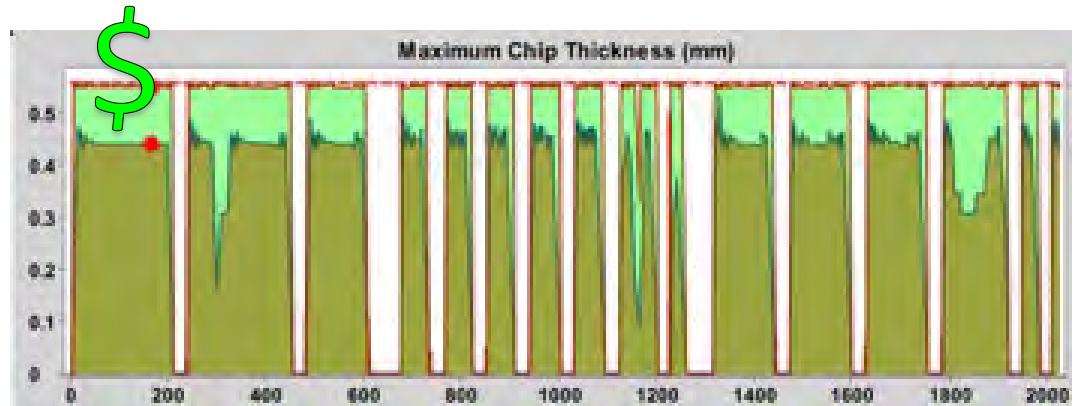
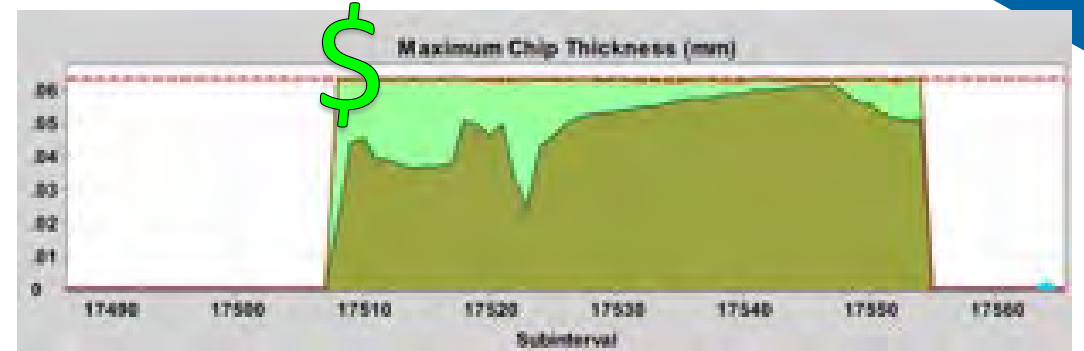
# 생산성 개선

- 모든 어댑티브 루프

FORCE 이송속도

조정으로 생산성 개선

20%-50% 이상 생산성 향상





# 균형 잡힌 최적화 제공, FORCE

## ■ 최적화

최적의 가공

- 최대 칩 두께
- 일정한 칩 두께

## ■ 리미트

과부하를 예방하는 방법

- 최대 가공속도
- 최대 절삭력
- 최대 공구 힘

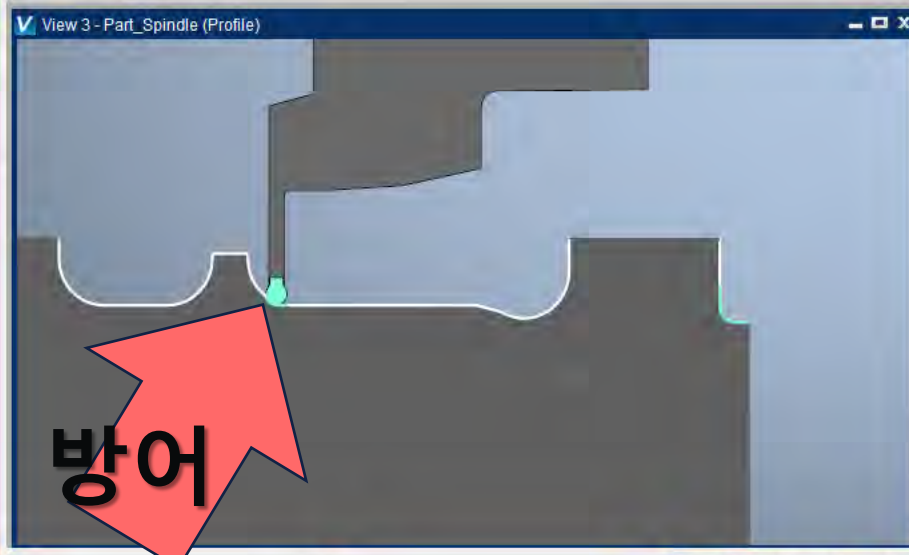
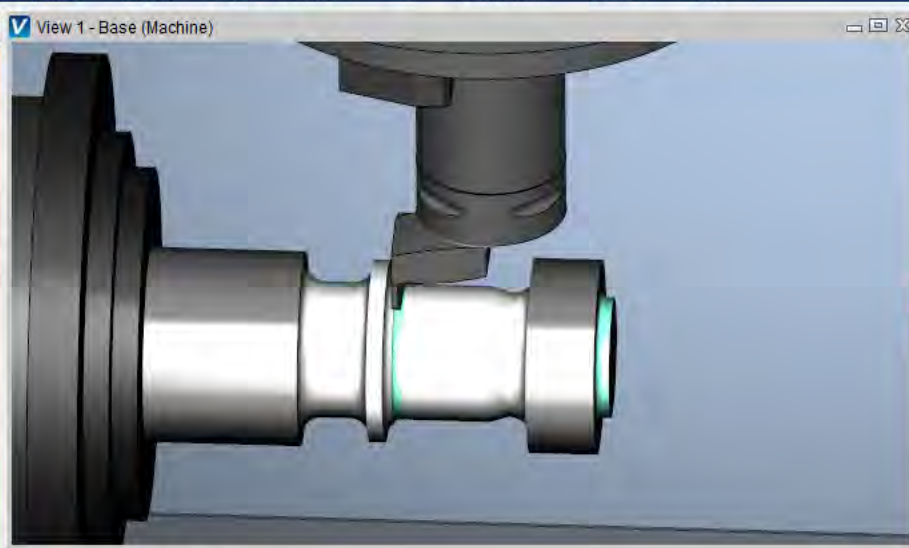


```

NC Program Review
File Edit Utilities Settings
Setup 1
NC Program CGTECH_DEMO_OP2_FRONT_BAC...
Tool Display Solid Line Display On
G1 Z-5.245
G3 X63.023 Z-4.662 I1.262 K0.
G1 X63.877 Z-3.841
G0 X180.
Z20.

(OPERATION # 4)
Z-100.
Z-111.645
X72.542
G95 G1 X71.048 Z-113.082 F.432
G2 X70.763 Z-113.665 I1.12 K-.582
G1 Z-113.851
G2 X70.764 Z-113.897 I1.263 K0.
G3 X70.768 Z-113.98 I-2.523 K-.091
G1 Z-113.989
Z-115.243
X70.78 Z-115.372
X70.801 Z-115.49
X70.83 Z-115.599
X70.872 Z-115.713
X70.932 Z-115.846
X71.005 Z-115.988
X71.094 Z-116.143
X71.191 Z-116.299
X71.288 Z-116.442
X71.385 Z-116.571
X71.484 Z-116.688
X71.604 Z-116.818
X71.744 Z-116.958
X71.898 Z-117.103
X72.074 Z-117.262
X72.241 Z-117.407
X72.401 Z-117.538
X72.554 Z-117.655
X72.712 Z-117.766
X72.9 Z-117.892
X73.104 Z-118.021
X73.329 Z-118.157
X73.561 Z-118.294
X73.778 Z-118.417
X73.983 Z-118.527
X74.177 Z-118.625
CH_DEMO_OP2_FRONT_BACK_SHOULDERS_FRT.eia

```



방어

Force Charts...

Chart Options

- Original NC Program
- Optimized NC Program
- Import 1
- Import 2

Tool Change All X Axis Subinterval Units Project Unit

Chip Thickness  Total Force  Radial/Axial Force  Torque  Power

FPR Feed  Spindle Speed

Mouse Followers  Limits  Fill Comparison

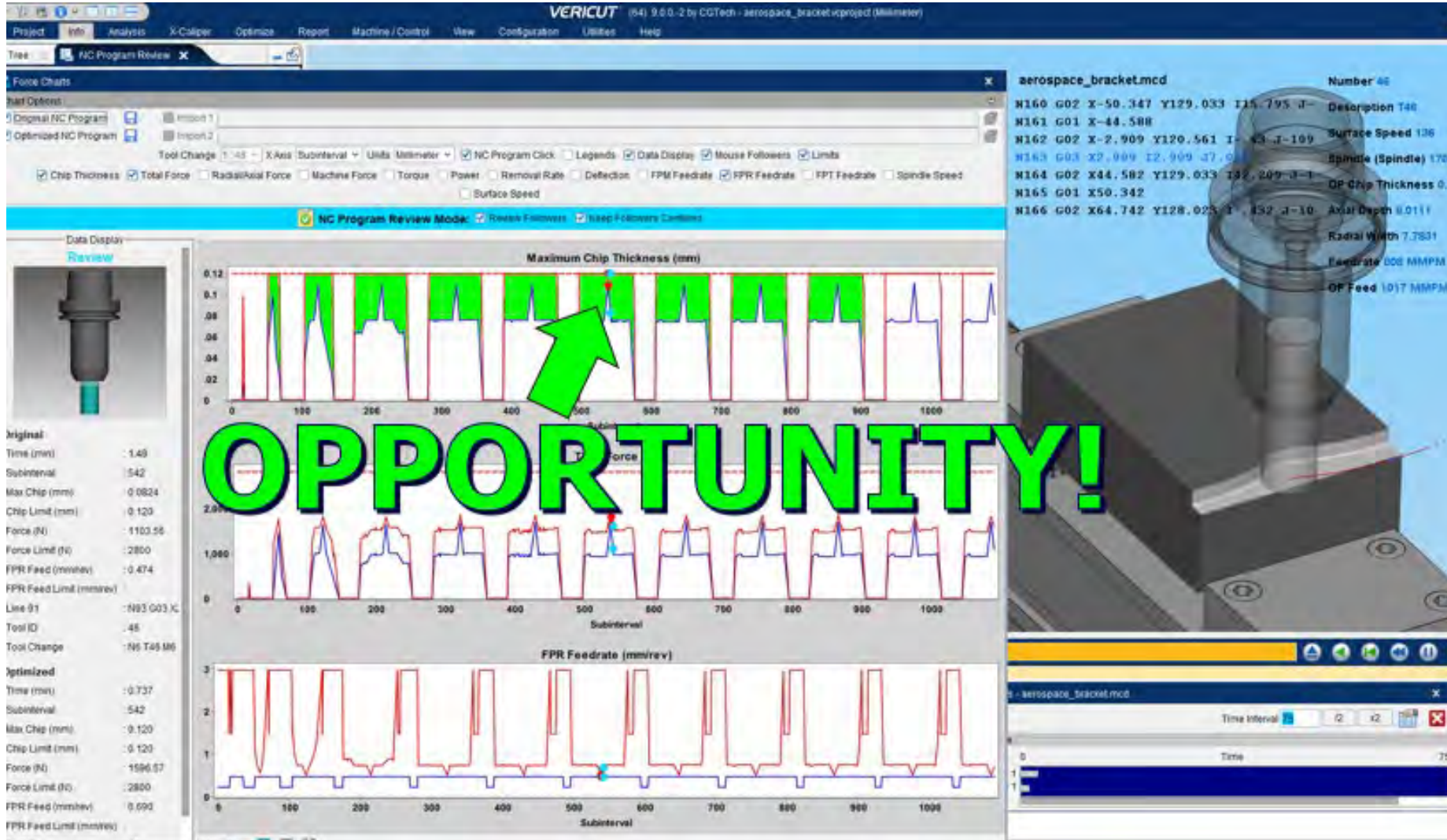
더 빠르게  
더 안전하게



LIMIT COLL PROBE SUB COMP CYCLE FEED OPTI READY

VERICUT Logger

# 가공속도 최적화는 기회!



# 가공시간 단축



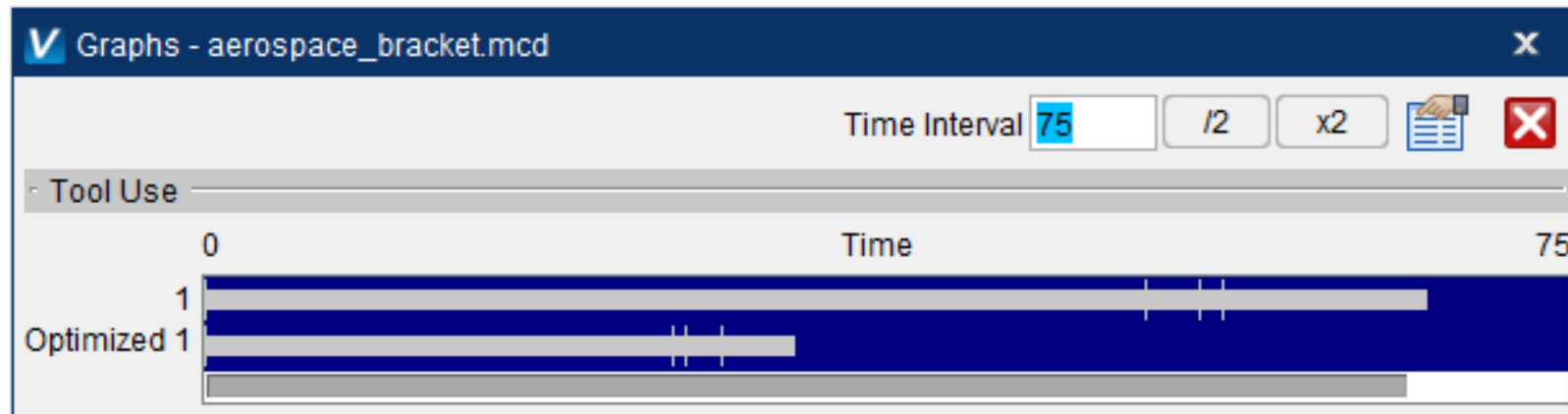
UNOPTIMIZED



OPTIMIZED

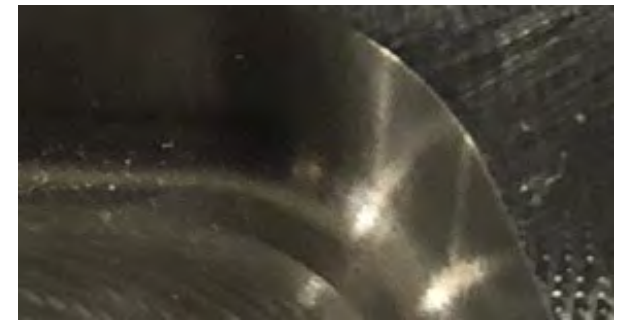
# 가공시간 단축

Optimization Savings Calculator	
- Part Savings	
Original Time (hh:mm)	1:07:10
Optimized Time (hh:mm)	0:32:28
Percent Time Savings (%)	51.64



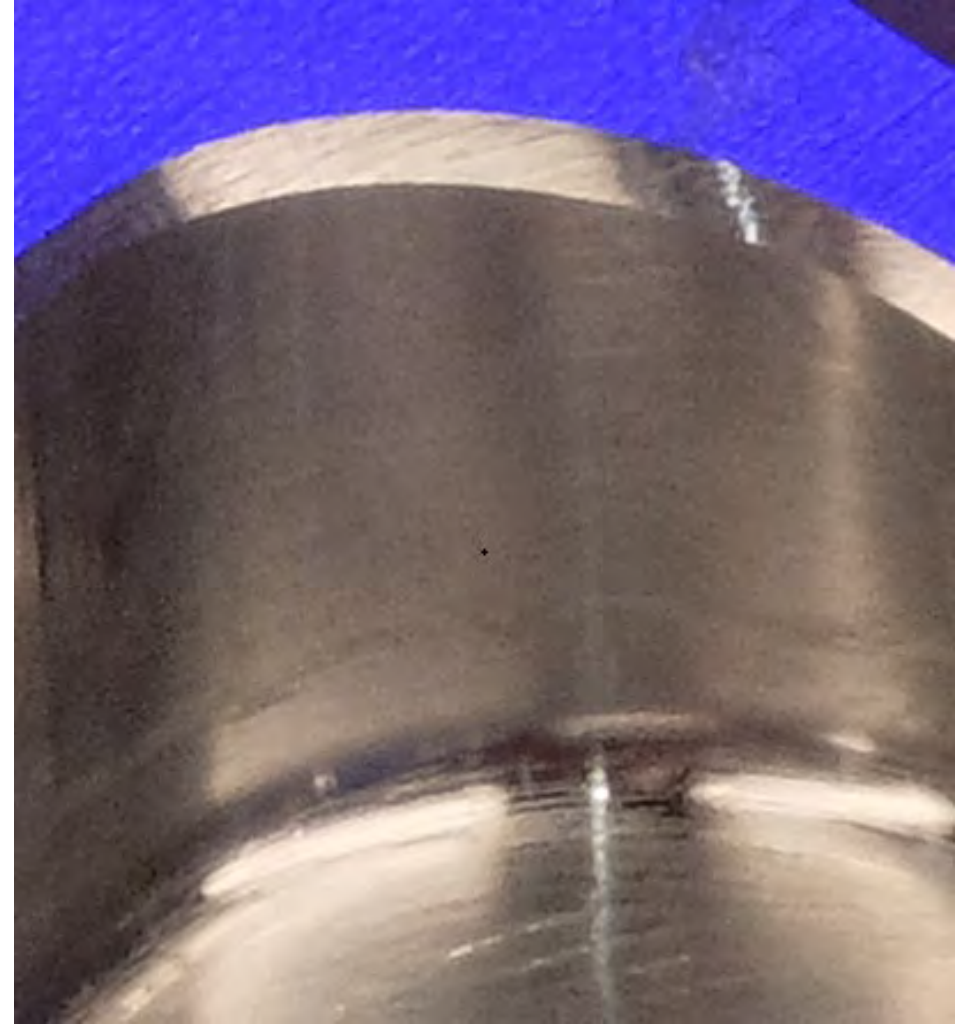
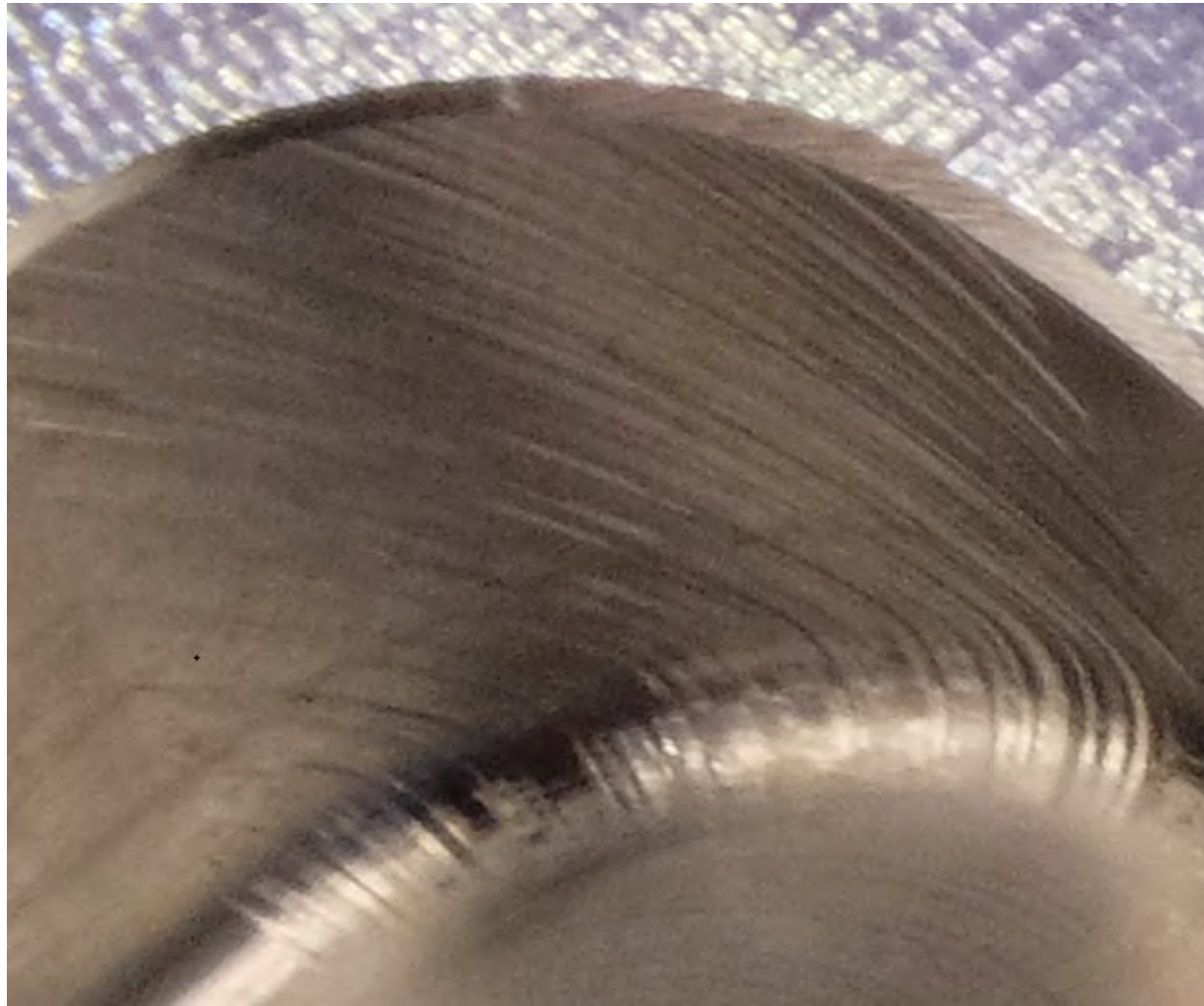
Titanium 6al4v part

# 가공품질 향상

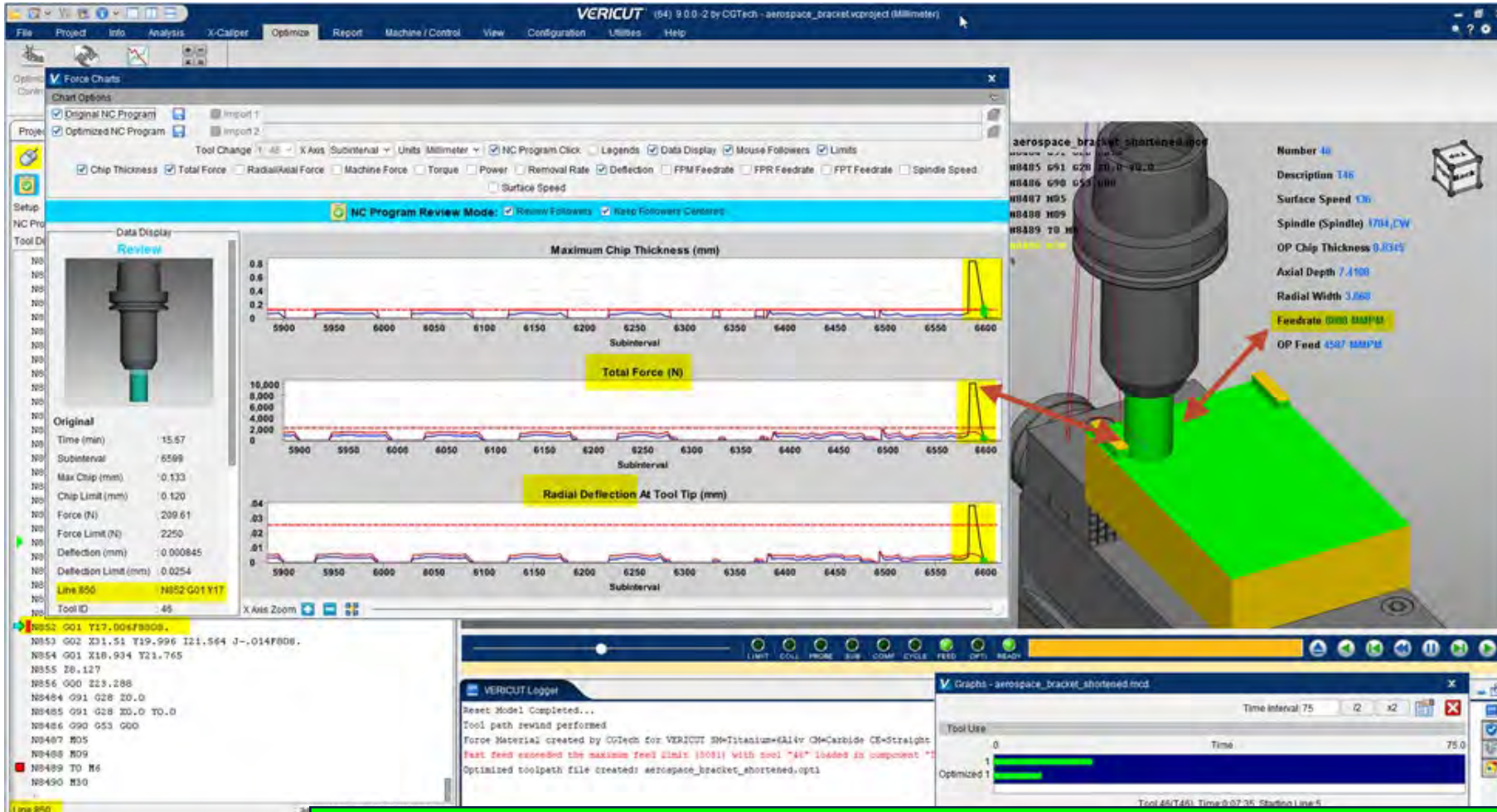




# 가공품질 향상



# NC 프로그래머 업무 효율 향상



가공시간 단축뿐 아니라 NC 프로그래머의 업무 효율도 향상.  
과부하 가공 속도를 넘어가는 구간의 프로그램을 수정할 수 있다.

# 공구 효율 향상

공구의 의도한 성능 파라미터에 따라 활용할 수 있다.

- 공구 수명이 2배 이상 향상된다.
- 항상 일정한 성능이 유지된다.
- 장비 효율이 향상된다.

$V_c$  - 가공속도

$F_z$  - 날당 이송속도

$N$  - 스피들 속도

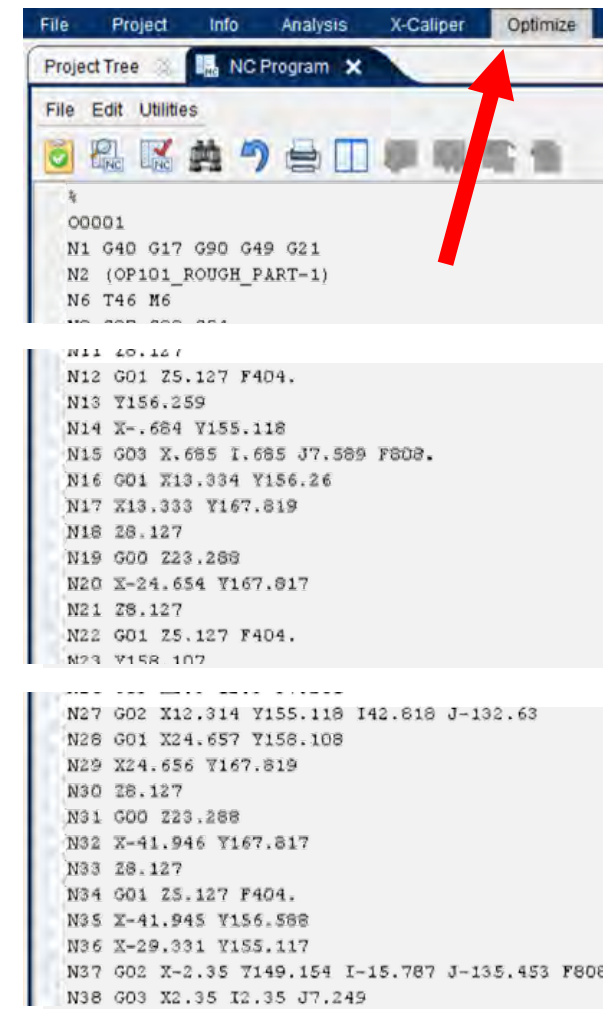
$a_e$  - 가공 넓이(반경)

$a_p$  - 축 방향 가공 깊이

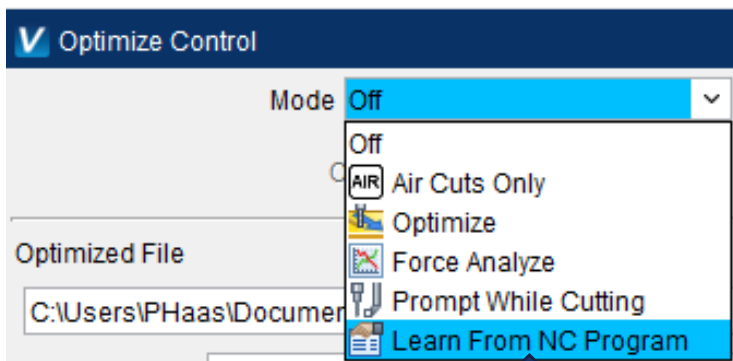
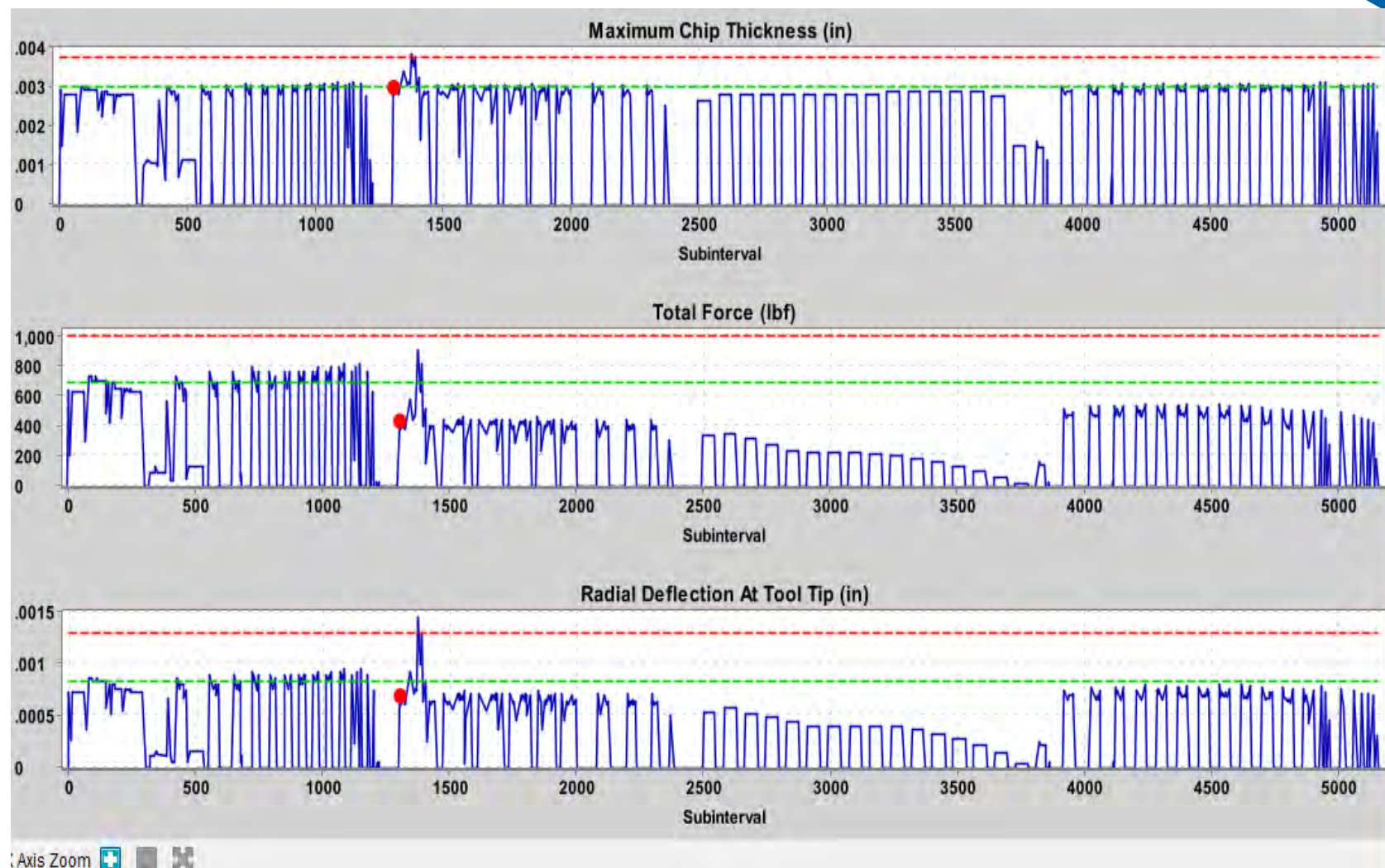


# 오래된 프로그램에도 OK!

- 가공속도 최적화는 오래된 NC 프로그램에도 이용할 수 있다.
- FORCE는 G코드 프로그램을 최적화 할 수 있다.



# 사용하기 쉬운 FORCE



# 가공 속도 최적화 확장 적용 사례

삼성전자 구미 금형기술그룹  
LG 전자 금형 기술 센터

**NO. 1** 대기업의  
**선택에는  
이유가  
있습니다**

## 스마트 팩토리의 시작 VERICUT® FORCE

최고의 가공 시뮬레이션 기술로 가장 적합한 가공 조건을 산출해  
**더 빨리! 더 안전하게!**



가공시간  
단축



공구 파손  
감소



안전한  
무인 가공



모든 CAM  
연동



비용  
감소

지금 문의하세요 Tel: 031. 389. 6070

E-mail: info.korea@cgtech.com

씨지텍 주식회사 경기도 안양시 동안구 시민대로 401, 505호 (관양동, 대흥테크노타운 15차) www.cgtech.co.kr

**VERICUT® FORCE**

## 해결해 드립니다

Smart Optimization System으로  
작업환경을 더 빠르고 더 안전하게!

스마트 팩토리의 시작 **VERICUT® FORCE**  
LG금형기술센터가 선택한 최고의 가공 시뮬레이션

가공시간  
단축

공구 파손  
감소

안전한  
무인 가공

모든 CAM  
연동

비용  
감소

지금 문의하세요 Tel: 031. 389. 6070 E-mail: info.korea@cgtech.com  
씨지텍 주식회사 경기도 안양시 동안구 시민대로 401, 505호 (관양동, 대흥테크노타운 15차) www.cgtech.co.kr

# Q&A

[www.cgtech.co.kr](http://www.cgtech.co.kr)  
[info.korea@cgtech.com](mailto:info.korea@cgtech.com)



# 협업의 효과



## CAM 소프트웨어



## 공구 제조사



## VERICUT FORCE 최적화



## 공작기계

새로운 공구 움직임  
트로코이드  
보다 일정한 가공 넓이(ae)  
어댑티브  
다이내믹  
프로핏  
절삭 속도  
이송 속도  
ae & ap

코팅  
공구 형상  
헬릭스  
레이크 각  
멀티 플루트  
황삭 엔드밀  
  
진동 감쇠가공 데이터  
ae ap SFM  $F_z$   $H_{ex}$

최적의 NC 프로그램  
이상적인 이송 속도  
최대 칩 두께  
칩 씨닝 최소화 / 일정한 칩 두께  
공구 및 Mtl에 적합  
절삭력 제어 개선  
과부하 감소  
충격 부하 감소  
마찰열 감소  
열 균열 감소  
공구 힘 제어

냉각수  
강도  
스핀들  
치구  
공구 길이  
공구 홀더  
공구 런아웃  
실시간 피드백