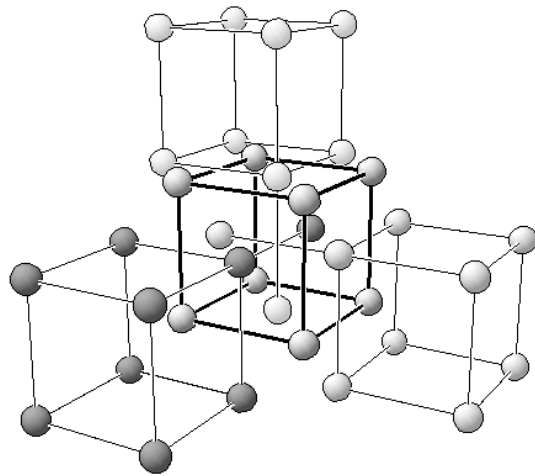


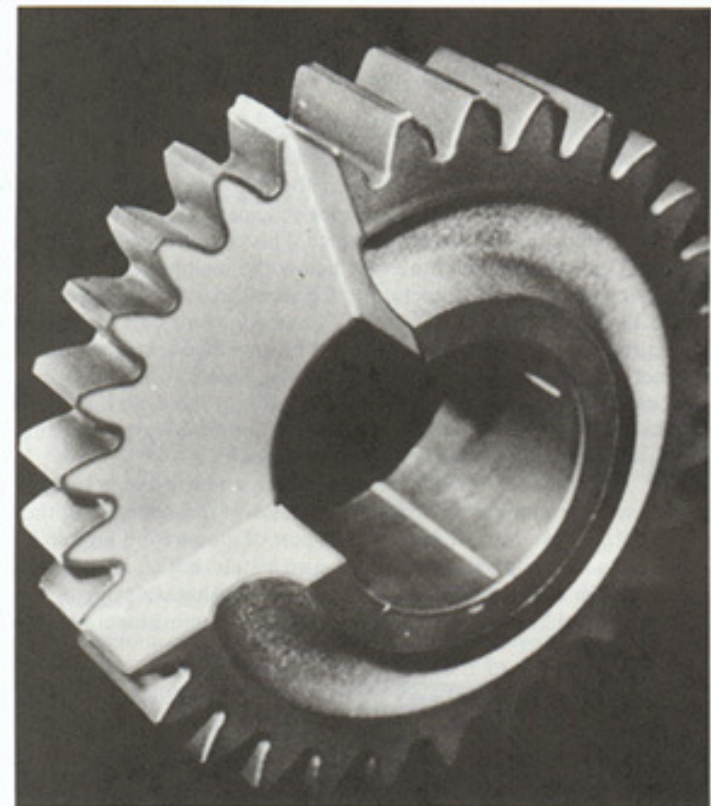
# **Nawęglanie Niskociśnieniowe ( Nawęglanie Próżniowe)**

**Dlaczego stosowane?**



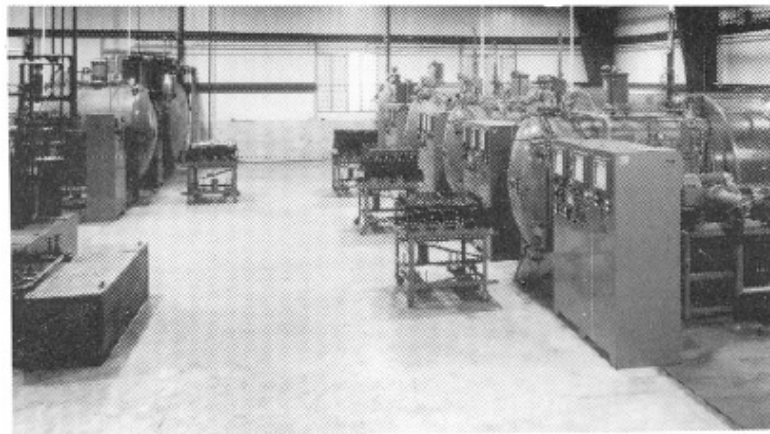
fcc lattice ( 4 x sc )

**Bodycote**



# Historia

- Lata sześćdziesiąte, prace laboratoryjne. Wydział Metalurgii i Materiałów Uniwersytetu w Birmingham.
- Początek lat siedemdziesiątych. Pierwsze wdrożenia przemysłowe.
- Kwiecień, 1975; przekazanie dla Draper Corporation Division of Rockwell International, Worcester, Massachusetts, USA czterech pieców LPC od C.I.Hayes Inc..
- Pierwsze naukowe publikacje: Western H. W. Piece próżniowe nawęglają szybciej i wydajniej. Metal Progress. Oct. 1972, Vol. 102, 101-107.
- Bell T. Podciśnienie i proces próżniowej obróbki cieplnej. Metals Technology. May 1974, Vol. 1, Part 5, 209 – 221.
- ASM, Obróbka cieplna wydziału produkcyjnego. Konferencja w Chicago, Wrzesień 1975.



# Technologia

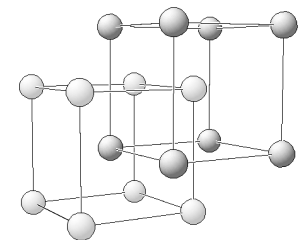
Nawęglanie próżniowe to proces dyfuzyjnego nasycania warstwy powierzchniowej stali w węgiel otrzymanego w procesie termicznego rozpadu (dysocjacji) węglowodorów (propan, acetylen, etylen). Proces umożliwia uzyskanie wysokiego stężenie węgla w relatywnie bardzo krótkim czasie.

Proces prowadzony jest w próżni (5-20 mbar) w temperaturach 900 -1050°C. Wsad podlega hartowaniu w gazie pod wysokim ciśnieniem.

Technologia pozwala otrzymać czyste (jasne, bez sadzy) detale.

Otrzymane warstwy nawęglone charakteryzuje:

- brak utlenienia wewnętrznego (IGO)
- wyższe własności mechaniczne
- lepsze własności trybologiczne



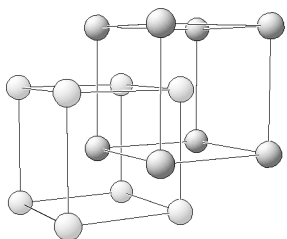
bcc lattice ( 2 x se )

# Technologia

Dzięki sterowaniu szybkością chłodzenia w gazie obróbka cieplna po nawęglaniu umożliwia skuteczną redukcję odkształceń i czyni je bardziej powtarzalnymi stosownie do kształtu i gabarytów obrabianych detali.

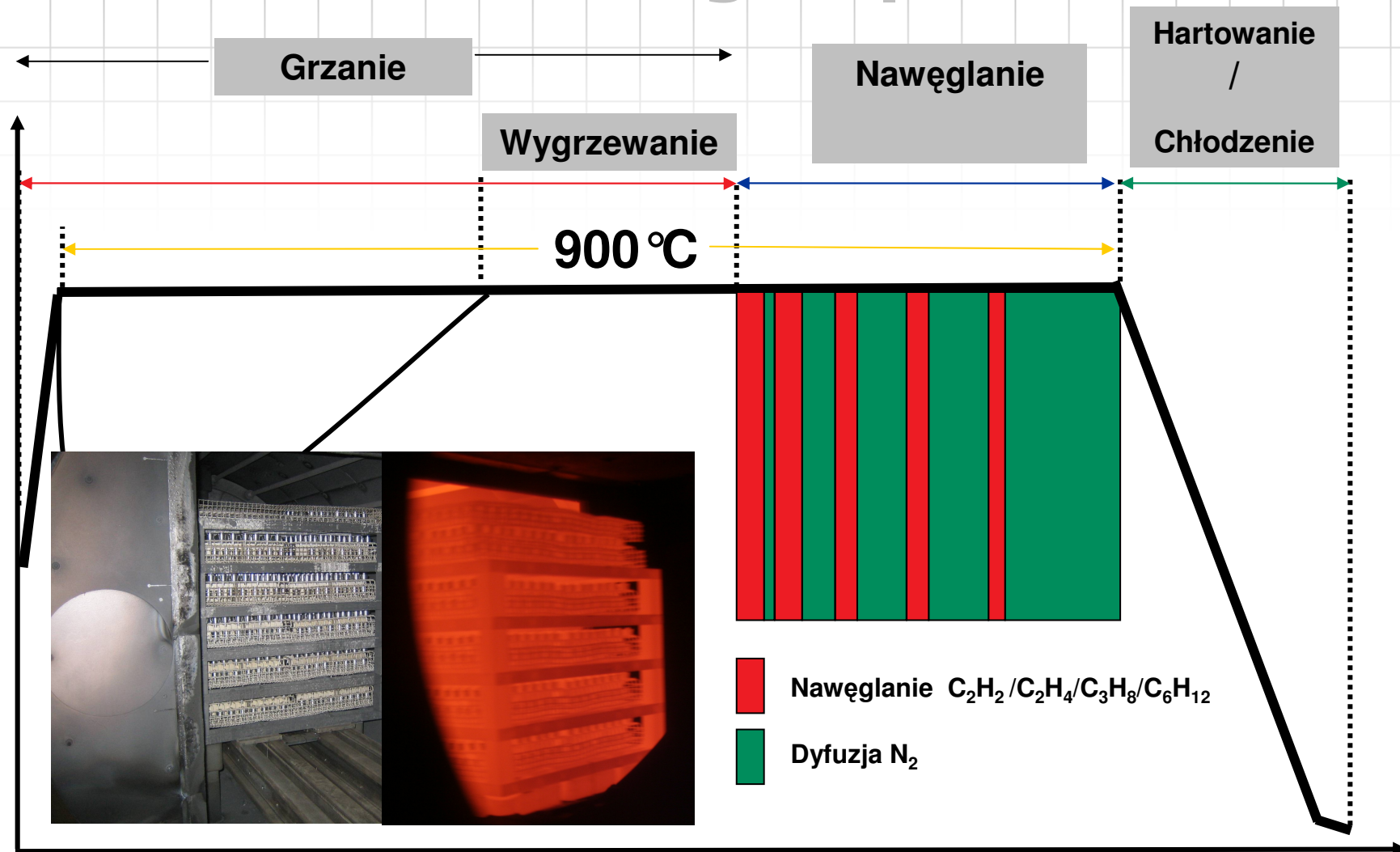
Dużą korzyścią stosowania nawęglania próżniowego jest możliwość obrabiania detali o skomplikowanej geometrii kształtu i rozwiniętej powierzchni (do 20m<sup>2</sup>) z zachowaniem powtarzalności wyników dla wysokiej gęstości wsadu (liczność detali we wsadzie).

Dodatkowo procesy nawęglania próżniowego są wspomagane komputerowym programem symulacyjnym, którego założenia są w relatywnie dobrej korelacji z otrzymanymi wynikami na gotowych, obrobionych detalach.



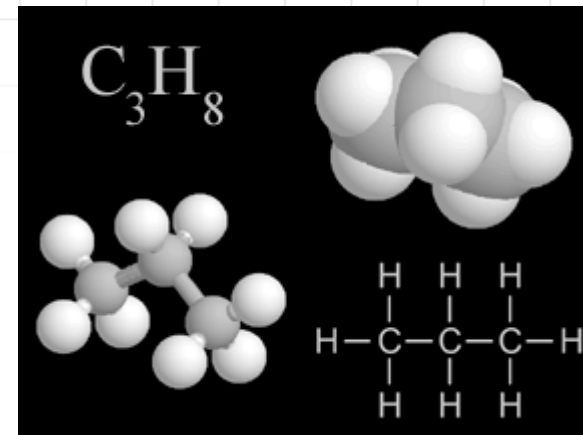
bcc lattice ( 2 x se )

# Technologia -proces



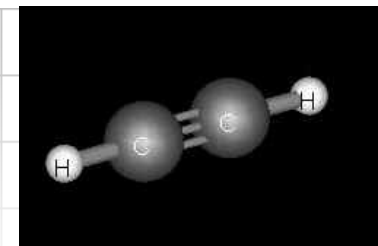
## Gazy nawęglające

- $C_2H_2$  - acetylen
- $C_2H_4$  - etylen
- $C_3H_8$  - propan
- $C_6H_{12}$  - cykloheksan



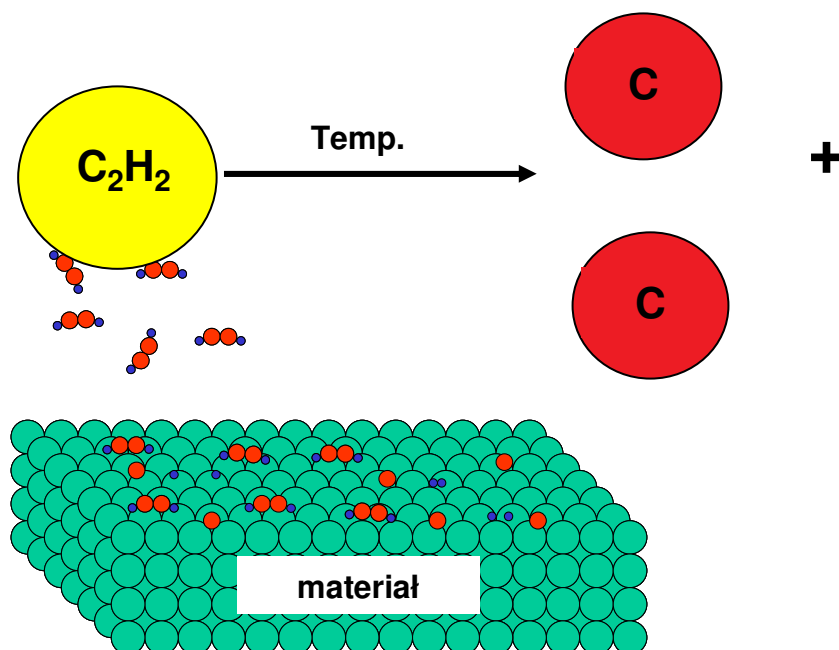
Technologia zastosowana w piecu ECM wykorzystuje do nawęglania **acetylen** zgodnie z opatentowanym procesem INFRACARB®.

# Dlaczego acetylen ?



Z powodu łatwego termicznego rozpadu gazu będącego wynikiem odpowiednich warunków termodynamicznych utrzymywanych w komorze pieca ECM jaki i właściwości fizykochemicznych węglowodorów nienasyconych.

Acetylen ulega dysocjacji na aktywne atomy węgla i cząsteczkę wodoru.



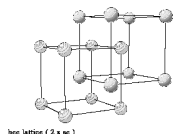
1 mol  $C_2H_2 \rightarrow$  otrzymujemy ~ 80 % atomów C

1 mol  $C_3H_8 \rightarrow$  otrzymujemy ~ 40 % atomów C



### **Zalety technologii LPC** **piec ECM, ICBP DUO 966 TG**

- brak utlenienia wewnętrznego,
- otrzymywanie precyzyjnej i powtarzalnej grubości warstwy nawęglonej w wąskim zakresie tolerancji,
- wyjątkowa skuteczność w nawęglaniu długich, nieprzelotowych otworów,
- możliwość kontroli finalnego stężenia węgla na powierzchni,
- zwiększenie wytrzymałości zmęczeniowej,
- mniejsze i powtarzalne odkształcenia,
- wysoka wydajność przepływu węgla skracająca czas cyklu nawęglania jak i całego procesu,
- czystość obróbki,
- znikoma szkodliwość dla środowiska naturalnego,
- wspomaganie procesu programem symulacyjnym zapewniającym doskonałą kontrolę nad parametrami i oczekiwanym profilem węgla w warstwie,



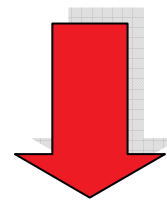
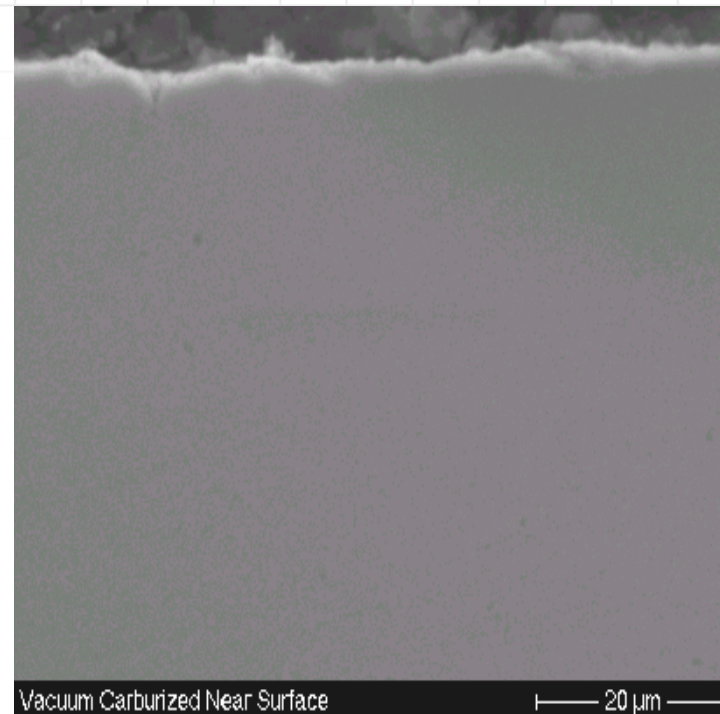
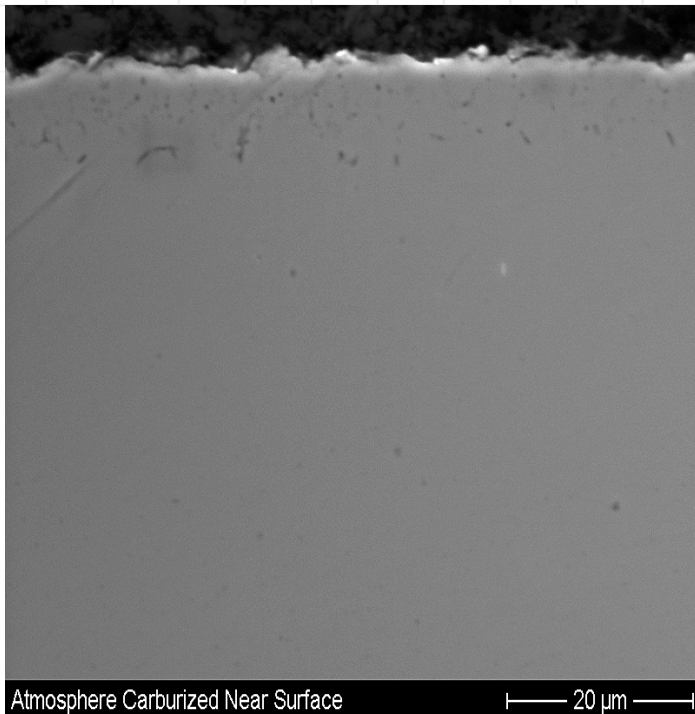


# Czystość technologii LPC

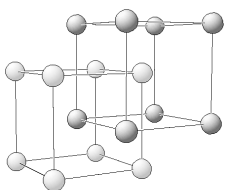
- Detale po procesie są jasne
- Brak przebarwień, plam i chropowatości
- Brak konieczności mycia po procesowego



# Brak utlenienia wewnętrznego



**w konsekwencji**



**Brak utlenienia wewnętrznego**



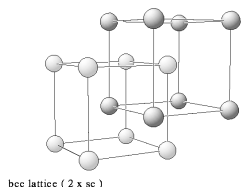
**Wyższe szczytkowe naprężenia ściskające w warstwie powierzchniowej**



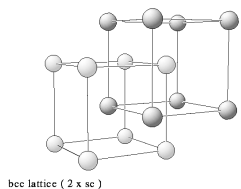
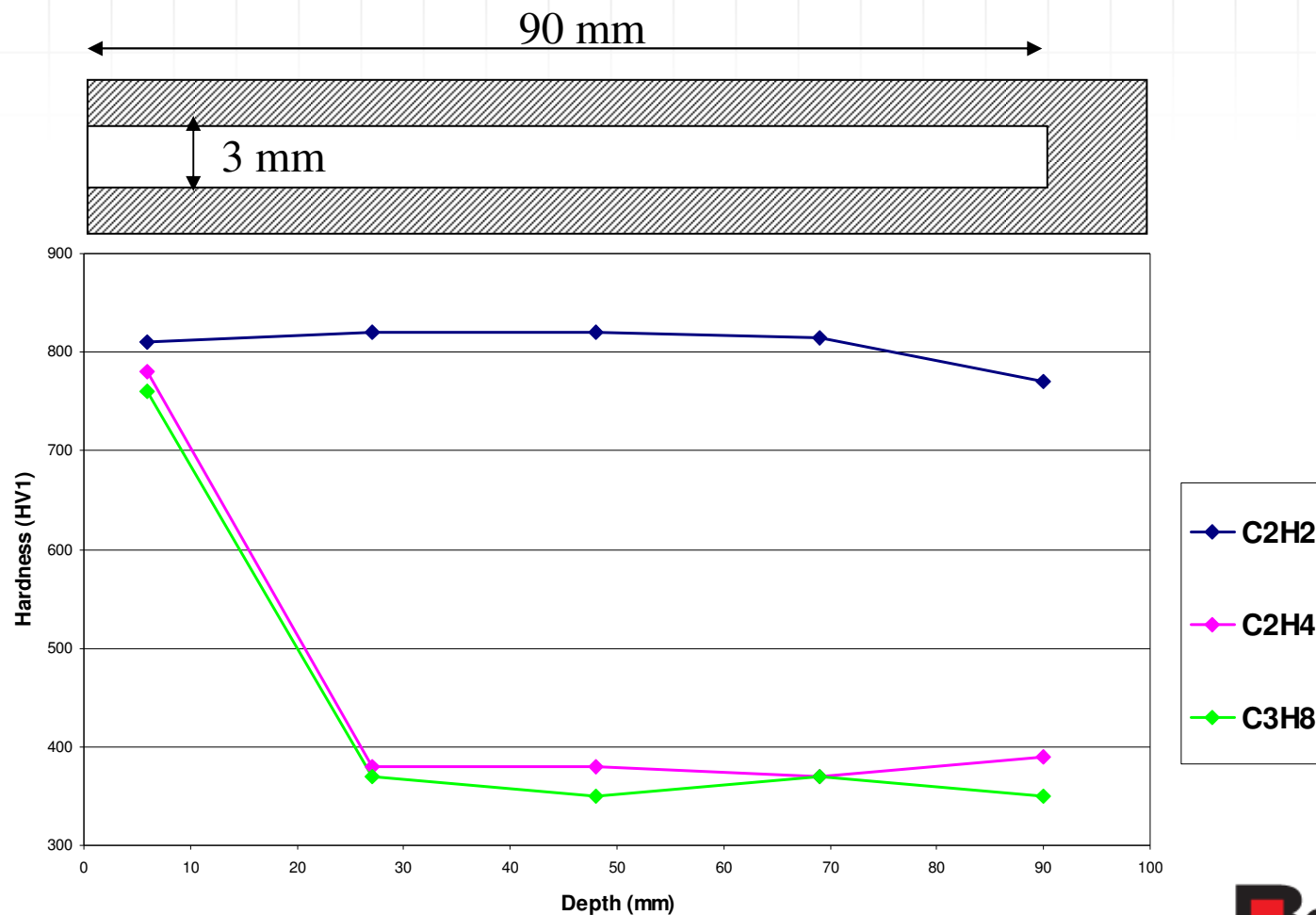
**Wyższa twardość powierzchniowa**



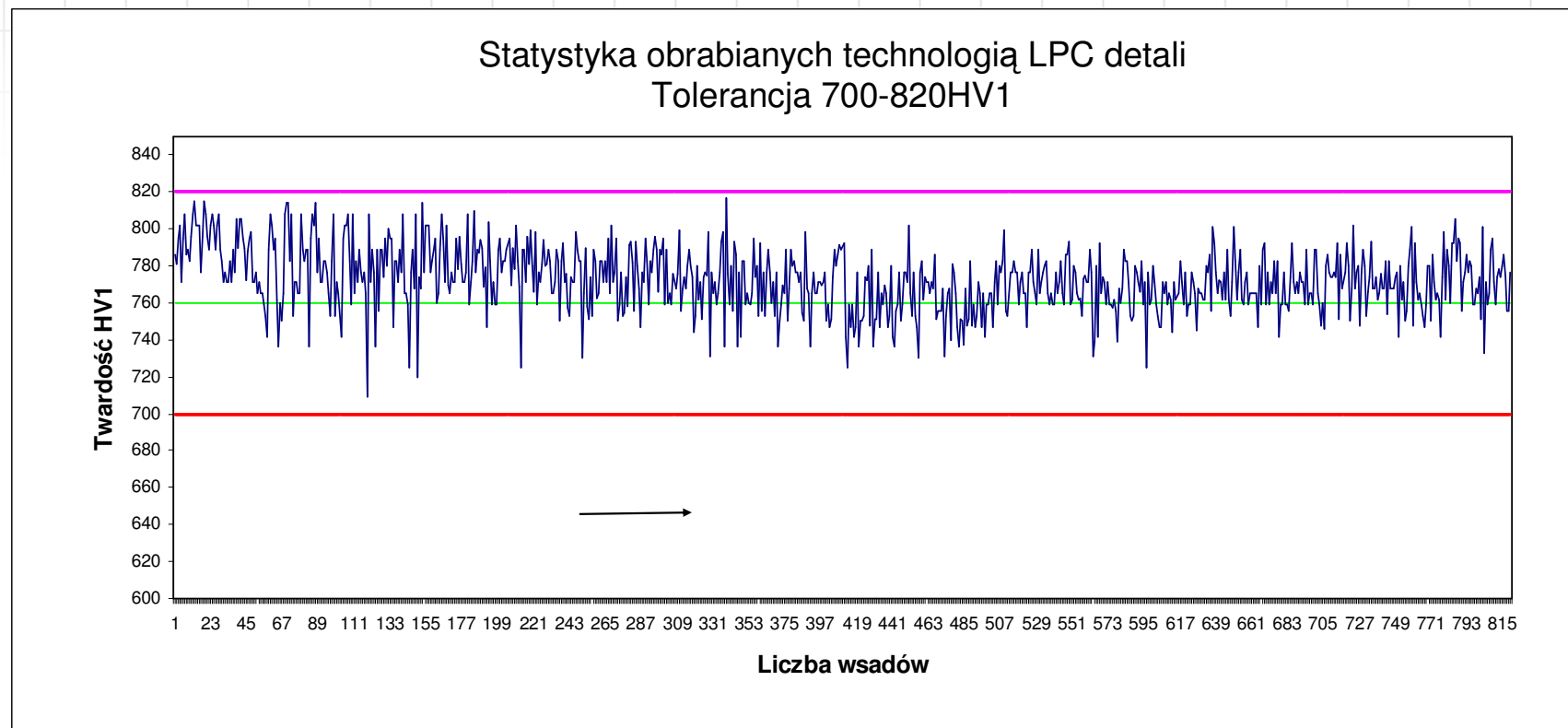
**Zwiększona wytrzymałość zmęczeniowa  
– do 22% w porównaniu z nawęglaniem gazowym**



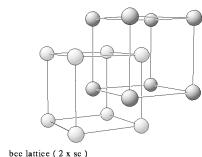
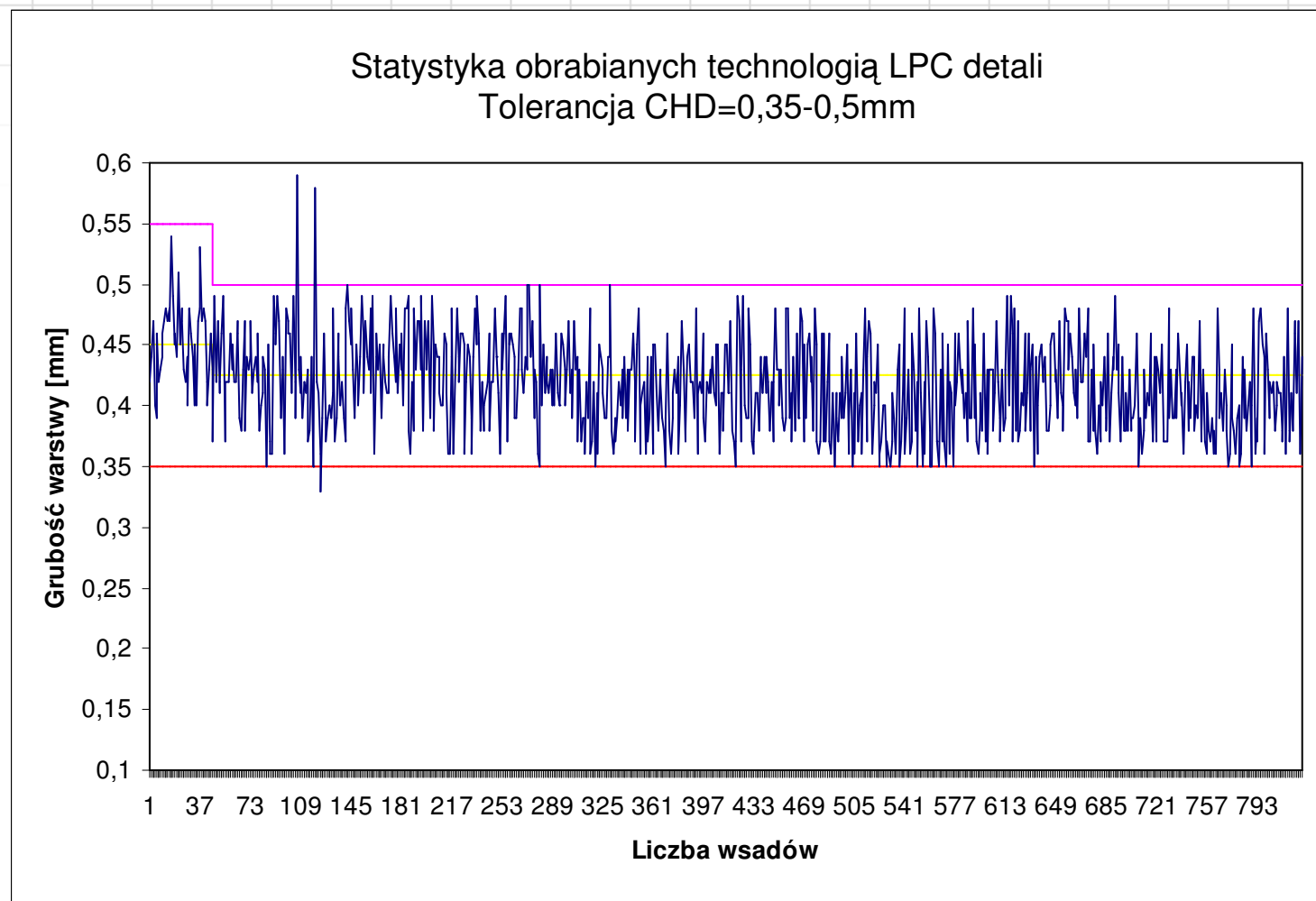
## Skuteczność w nawęglaniu długich, nieprzelotowych otworów



## Powtarzalność wyników



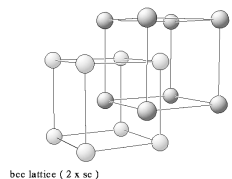
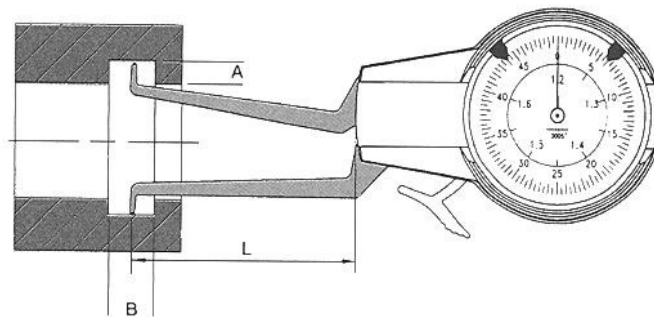
## Powtarzalność wyników



# Operacje po-procesowe

Brak konieczności usuwania strefy utlenienia wewnętrznego.  
Wyeliminowanie końcowej operacji szlifowania.

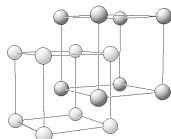
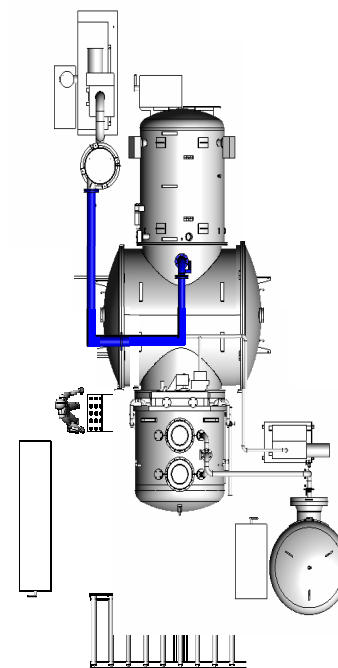
Mniejsze i bardziej powtarzalne odkształcenia obrabianych detali.





# Piec ECM, DUO 966TG

- Piec ma budowę modułową statyczną.
- Oddzielna komora grzewcza/nawęglająca, oddzielna komora hartownicza pełniąca także funkcję komory załadowniczej/rozładowniczej dla wsadu. Komory łączy tunel, w którym znajduje się układ transportowy wsadu.
- Wymiary komory roboczej: 1000x660x600 (dł. X wys. X szer.)
- Masa wsadu max. 500 kg brutto
- Hartowanie w azocie, do 20 bar
- Max. Temperatura pracy 1050°C



bcc lattice (2 x 10)

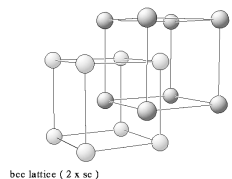
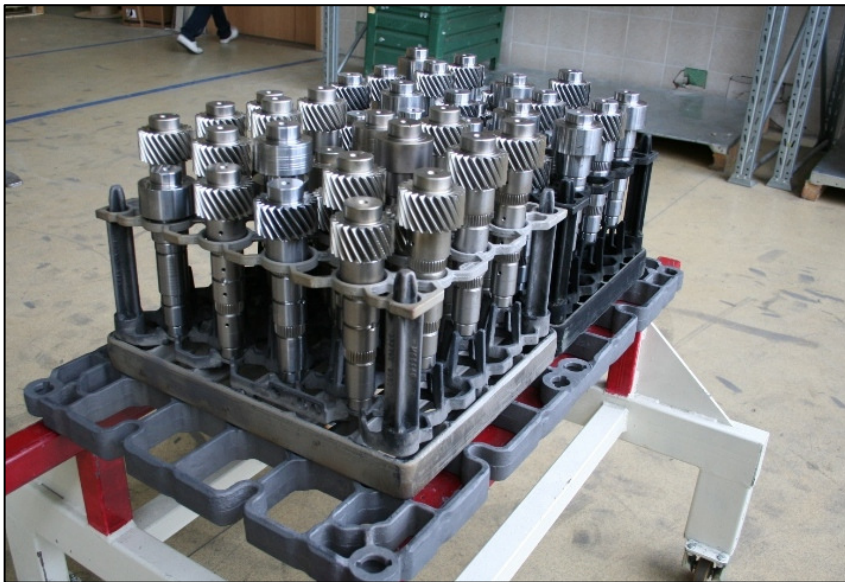
# BODYCOTE HEAT TREATMENTS

## Strefa LPC



## Zastosowanie

- Motoryzacja – koła zębate, wałki zębate, przekładnie, dysze wtryskiwaczy paliwa, pierścienie, etc.
- Lotnictwo – obudowy, osłony, części składowe silników,
- Energetyka – części składowe turbin, etc,
- Inne,



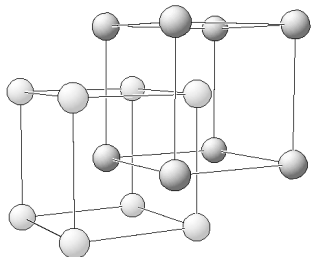
**Zapraszamy do współpracy:**

Informacja techniczna: Paweł Szulc

[pawel.szulc@bodycote.com](mailto:pawel.szulc@bodycote.com) tel. 660 796 506

Sprzedaż info : Piotr Filas

[piotr.filas@bodycote.com](mailto:piotr.filas@bodycote.com) tel. 604 412 715



bcc lattice ( 2 x se )