## Funzioni principali

- ***Trasmissione al manovellismo della forza esercitata dai gas***: la conseguente sollecitazione, termica e meccanica, è molto complessa e condiziona l'altezza del componente, rispetto all'asse dello spinotto, e la geometria della camera di combustione quando ricavata nel pistone.

- ***Funzione di testa a croce***, cioè trasmissione alla parete del cilindro della spinta laterale dovuta all'inclinazione della biella: tale funzione è critica essendo integrata alle altre funzioni svolte dallo stesso organo e per l'ambiente di lavoro. Le deformazioni meccaniche e termiche di pistone *e* canna cilindri, differenziate tra loro, la precarietà della lubrificazione, dovuta al moto alterno ed alla necessità di evitare il passaggio di olio verso la camera di combustione, rendono l'accoppiamento molto critico e responsabile di una notevole perdita di lavoro per attrito.

## Funzioni principali

- ***Funzione di tenuta dei gas***: delegata agli anelli di tenuta, è resa particolarmente difficile dalle condizioni ambientali alle quali gli anelli si trovano a lavorare e dalle deformazioni della canna cilindri. Il problema è esaltato dalla necessità di contenimento delle dimensioni degli anelli stessi, in particolare della loro altezza.

- ***Camera di combustione***: in alcuni tipi di motore e nella totalità dei Diesel ad iniezione diretta, la camera di combustione è ricavata nel pistone. Il disegno della camera di combustione è in questi casi sempre un compromesso tra le esigenze legate alla combustione e le esigenze termostrutturali e di peso del componente.

## Funzioni principali

- ***Smaltimento del calore***: un criterio di valutazione tradizionale del carico termico (ed anche meccanico), cui è sottoposto il pistone, è legato al parametro “potenza per unità di superficie” dell’alesaggio, indipendentemente dal fatto che questa sia dovuta maggiormente alla pme o ai giri del motore. Essendo la trasmissione termica alle pareti primariamente per convezione, particolarmente importante risulta il campo delle velocità del gas contenuto nella camera di combustione in prossimità della parete del pistone: condizioni particolarmente gravose, dal punto di vista termico, si realizzano in effetti nelle zone sottoposte a forte velocità dei gas, come ad esempio l’orlo della camera di combustione (tazza) nel Diesel ad iniezione diretta.

## Disegno del pistone

- ***Il raffreddamento del pistone*** avviene grazie alla cessione di calore verso la canna cilindri. Il flusso termico è localizzato negli anelli, soprattutto nel primo, e nella superficie del mantello in contatto con la canna cilindro.

- ***La forte variazione di temperatura*** riscontrabile nel mantello al variare della posizione in altezza ne condiziona il disegno del profilo. È necessario assicurare, in condizioni di regimazione termica, il contenimento del gioco lungo tutto il mantello per garantire una corretta guida del pistone, un movimento il più possibile privo di urti e un corretto funzionamento degli anelli di tenuta. Il mantello viene di conseguenza ad assumere una forma conica.

# Disegno del pistone

- ***Il corretto funzionamento del pistone*** richiede quindi che il mantello sia lavorato con una ovalità tale che il diametro maggiore sia quello nella sezione ortogonale all'asse dello spinotto, dove un gioco estremamente controllato deve garantire una corretta guida del pistone, riducendone al minimo i movimenti di serpeggiamento e rotazione.

- ***Il maggiore gioco sul piano dello spinotto***, oltre a permettere le maggiori dilatazioni che si verificano nella direzione di tale piano, assicura una chiara guida del mantello sul piano nel quale questa deve realizzarsi, pur lasciando il sufficiente gioco per un adattamento elastico, che garantisca dalle forti variazioni di gioco e di forma che pistone e canna subiscono in condizioni di transitorio termico e al variare di carico e regime motore.

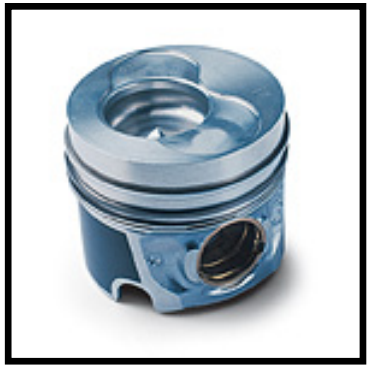
## Disegno del pistone

- ***La messa a punto del profilo del mantello*** e del “top land", con la definizione dei parametri relativi ad ovalità e conicità, richiede l’effettuazione di prove ad hoc, spesso reiterate più volte per definire, in base all’aspetto con cui si presenta il pistone dopo l’esecuzione di ogni prova, gli interventi da fare sui parametri di forma e sulle caratteristiche della segmentatura.

- ***La necessità di uno stretto controllo del gioco*** rende necessaria la classificazione delle dimensioni del mantello in classi, fino ad un max di tre, per consentire un impariglio con le corrispondenti classi nelle quali viene suddivisa la dispersione della lavorazione delle canne.

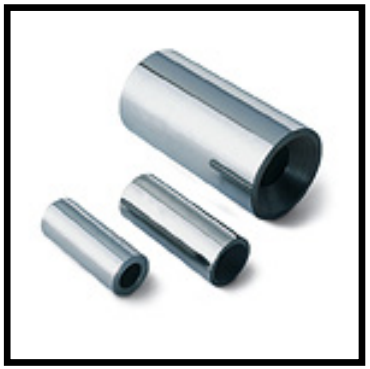
# Struttura motore – Il pistone

Pistone benzina



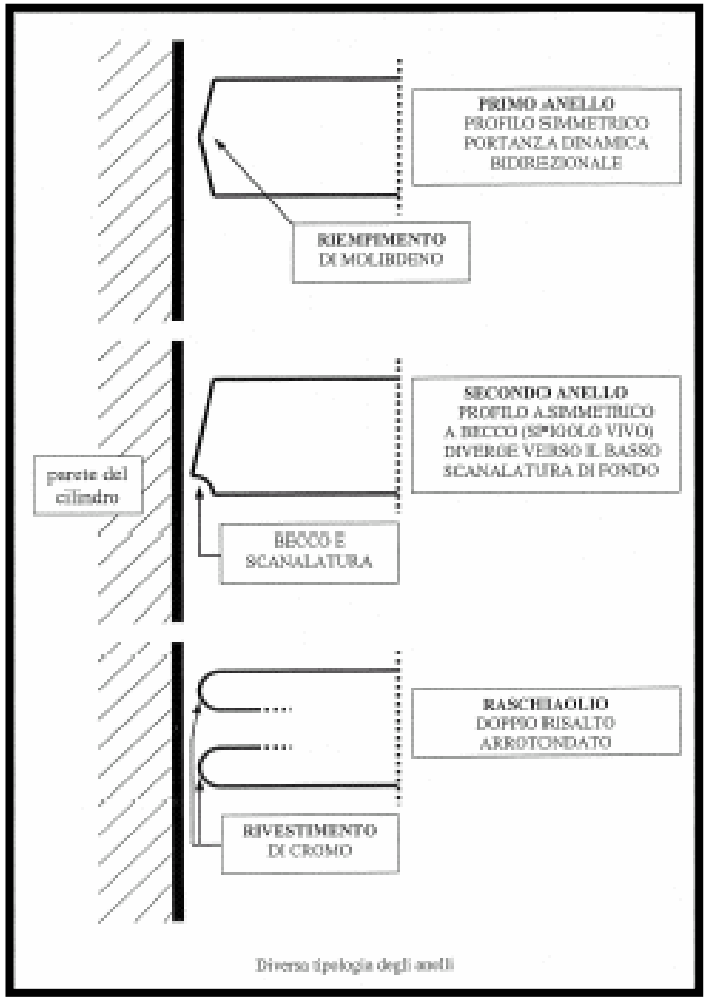
Pistone Diesel

Anelli



Spinotto

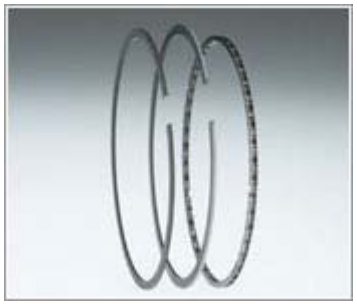
**Gli anelli**




Diverse tipologie degli anelli

## *Approfondimento – Piston rings (I segmenti)*

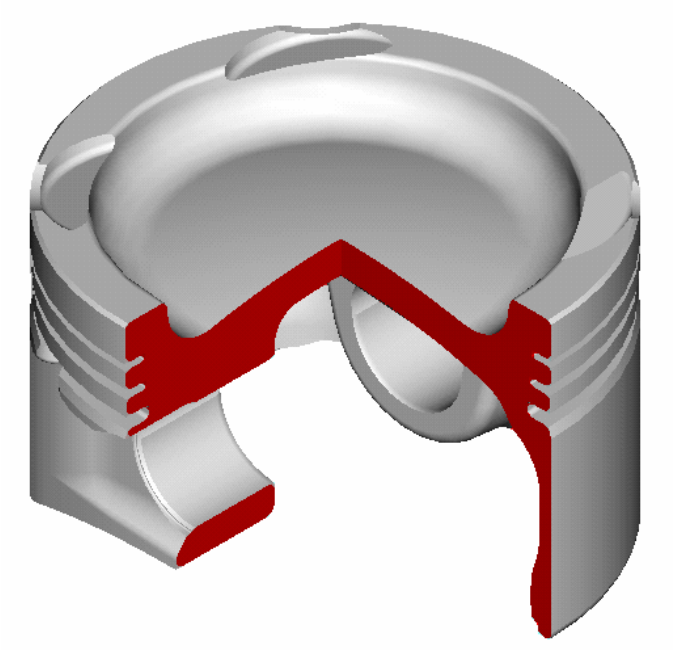
*Piston rings maintain close contact with the cylinder walls through their own spring tension, carrying out such functions as **sealing** in combustion gases, **carrying heat away** from the pistons by thermal conduction, and **controlling the thickness of the lubricating oil film** on the cylinder wall. They must perform these functions under the severe conditions that occur in combustion chambers, while also playing the important roles of preventing seizure and minimizing wear on cylinder liners*

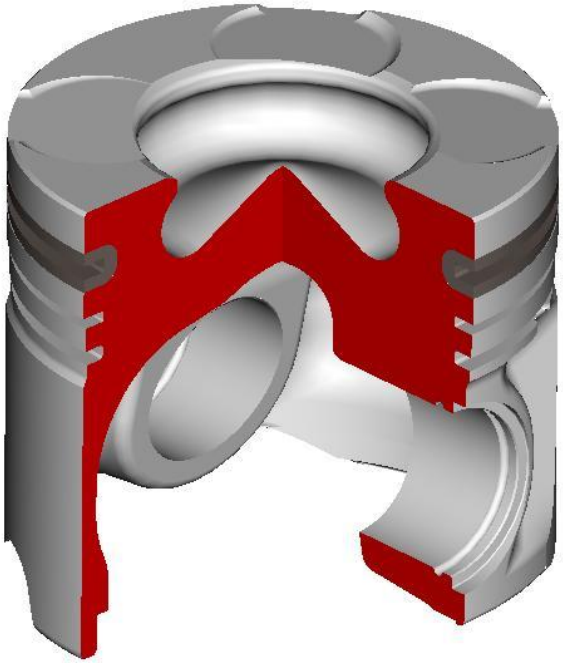


.

*A piston ring must have both spring-like tension and the properties to become a true circle when closed. In the combustion chamber of engine, NPR's piston rings serve to seal combustion gas, control lubricating oil, dissipate heat, and prevent wear and seizure under the severe conditions of operation. Now that engines are required to be more compact, lighter, and more sophisticated in performance, the choice of piston ring materials has been widened to include steel in addition to the traditional cast iron. Moreover, in order to enhance their wear resistance and durability, they also undergo various surface treatments including nitriding and PVD treatment. Most automotive pistons have three rings: The top two while also controlling oil are primarily for compression sealing **(compression rings);** the lower ring is for controlling the supply of oil to the liner which lubricates the piston skirt and the compression rings **(oil control rings).** Typical compression ring designs will have an essentially rectangular cross section or a keystone cross section. The periphery will then have either a barrel profile (top compression rings) or a taper napier form **(second compression rings).** There are some taper faced top rings and on some old engines simple plain faced rings were used.*

# Struttura motore – Il pistone





**Pistone benzina e Diesel**

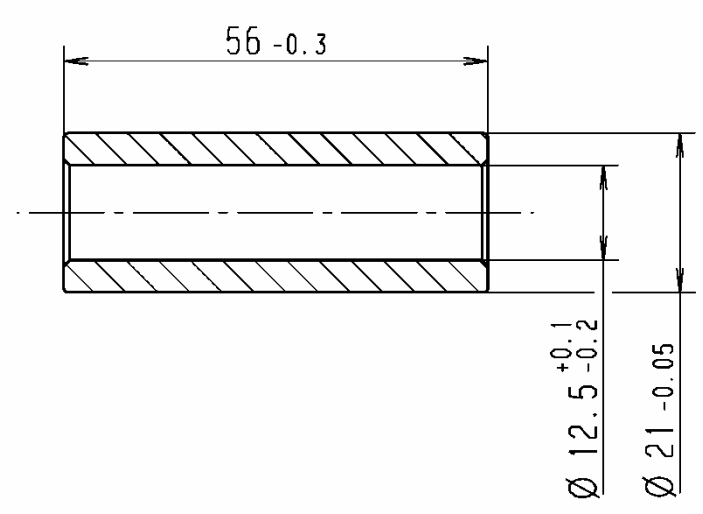
# Gasoline Pistons

**Weights:**

| | |
|---|---|
| **Piston** | **170 g** |
| **Piston Pin** | **60 g** |
| **Ring Set** | **18 g** |
| **Circlips** | **2 g** |
| **Assy Weight:** | **250 g** |

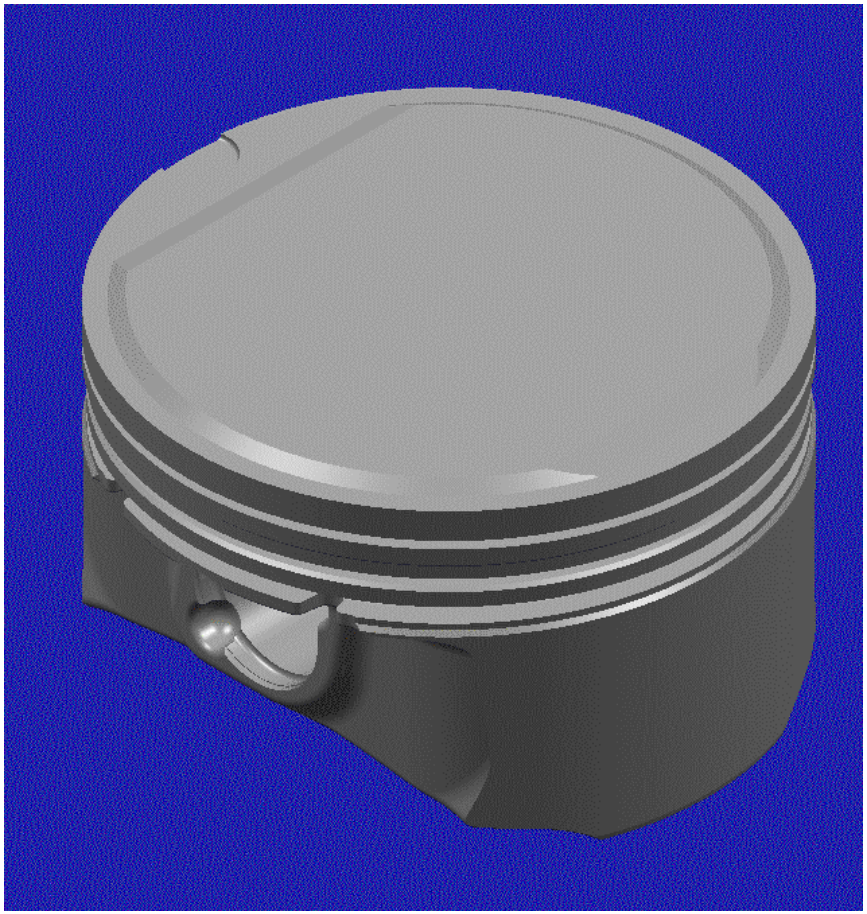
typical small gasoline engine

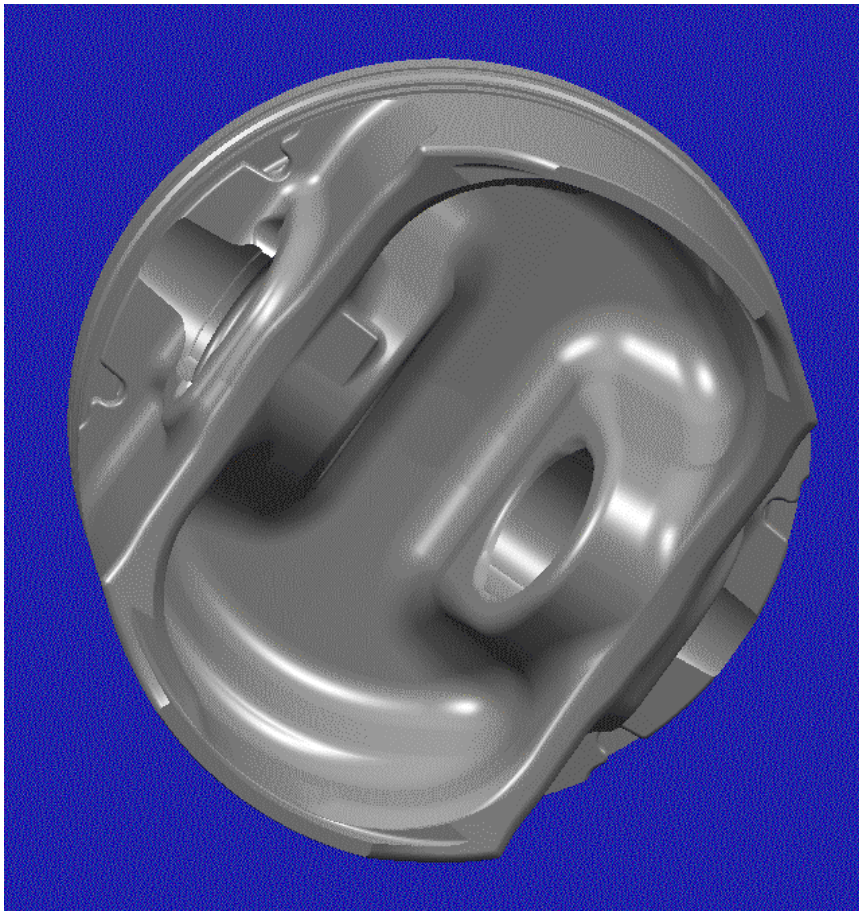
# Gasoline Pistons




typical ***piston pin*** for small gasoline engine

# Gasoline Pistons





# Gasoline Pistons for High Power Output Engines

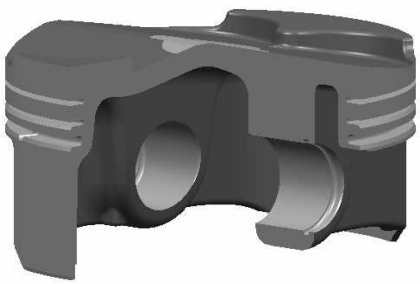
**High Power** achieved by **high engine speed** leads to **increased inertia force**

**Problem**

- fatigue (pin boss, skirt fatigue)

**Solution**

- forged piston (optimised material properties)



**Disadvantage**

- additional groove reinforcement required

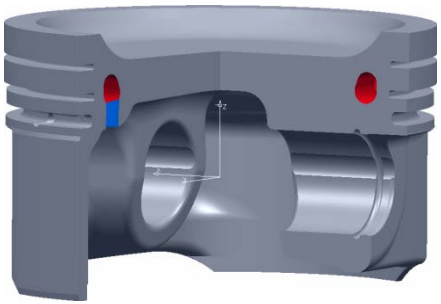
**High Power** achieved by **high $p_{mi}$** leads to **increased gas force** and **thermal load**

**Problem**

- fatigue (piston crown, ring groove, pin boss, skirt)

**Solution**

- cooling gallery piston



**Advantage**

- Temperature reduction in critical areas (-20°C)
- Permissible loading increased (8%)
- reduced knock sensibility (SPA + 3°) --> increased power output
- additional reinforcement features avoidable

# Struttura motore – Il pistone

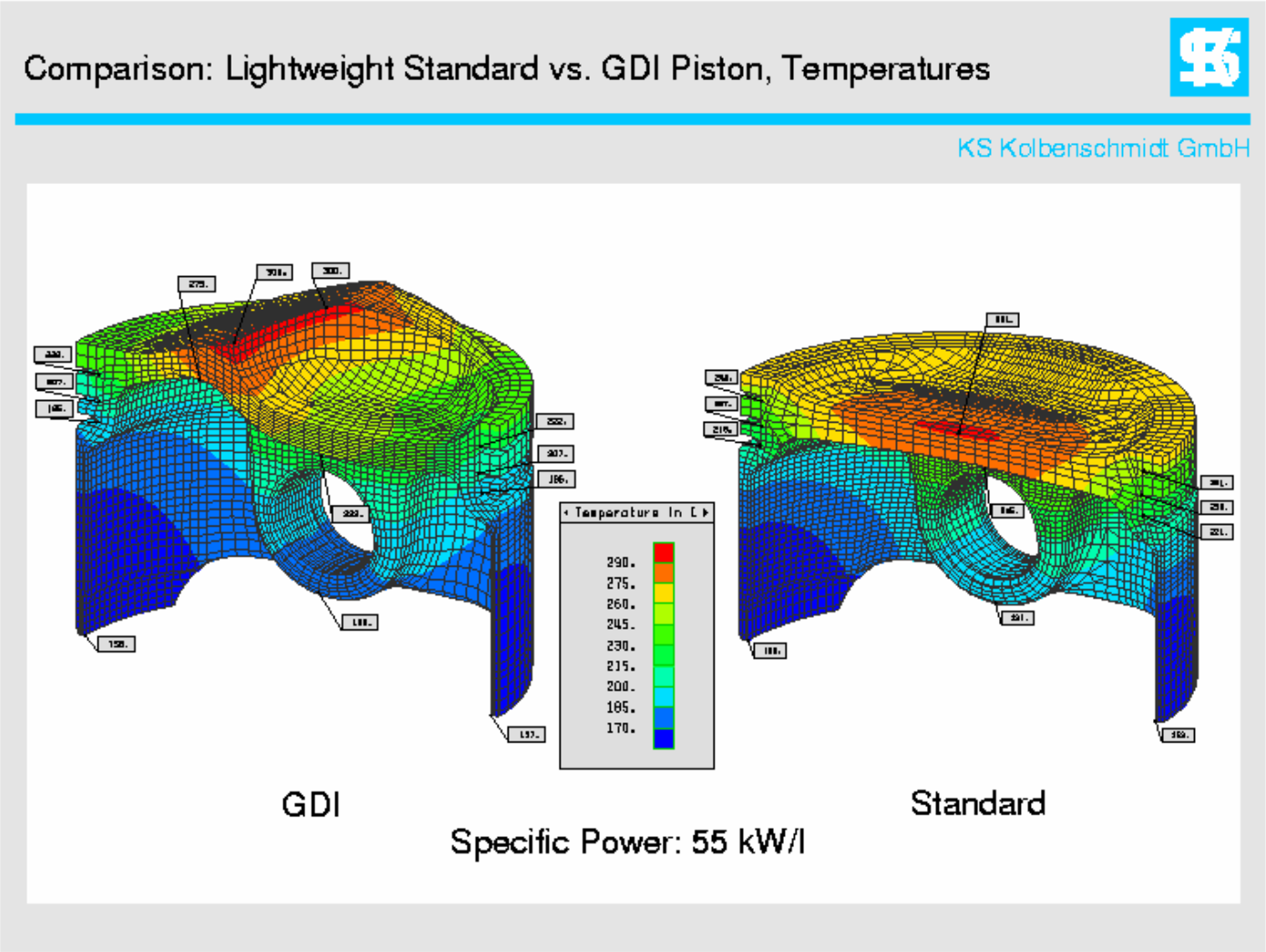
Piston for 1.4l GDI Engine, 55 kW/l

KS Kolbenschmidt GmbH

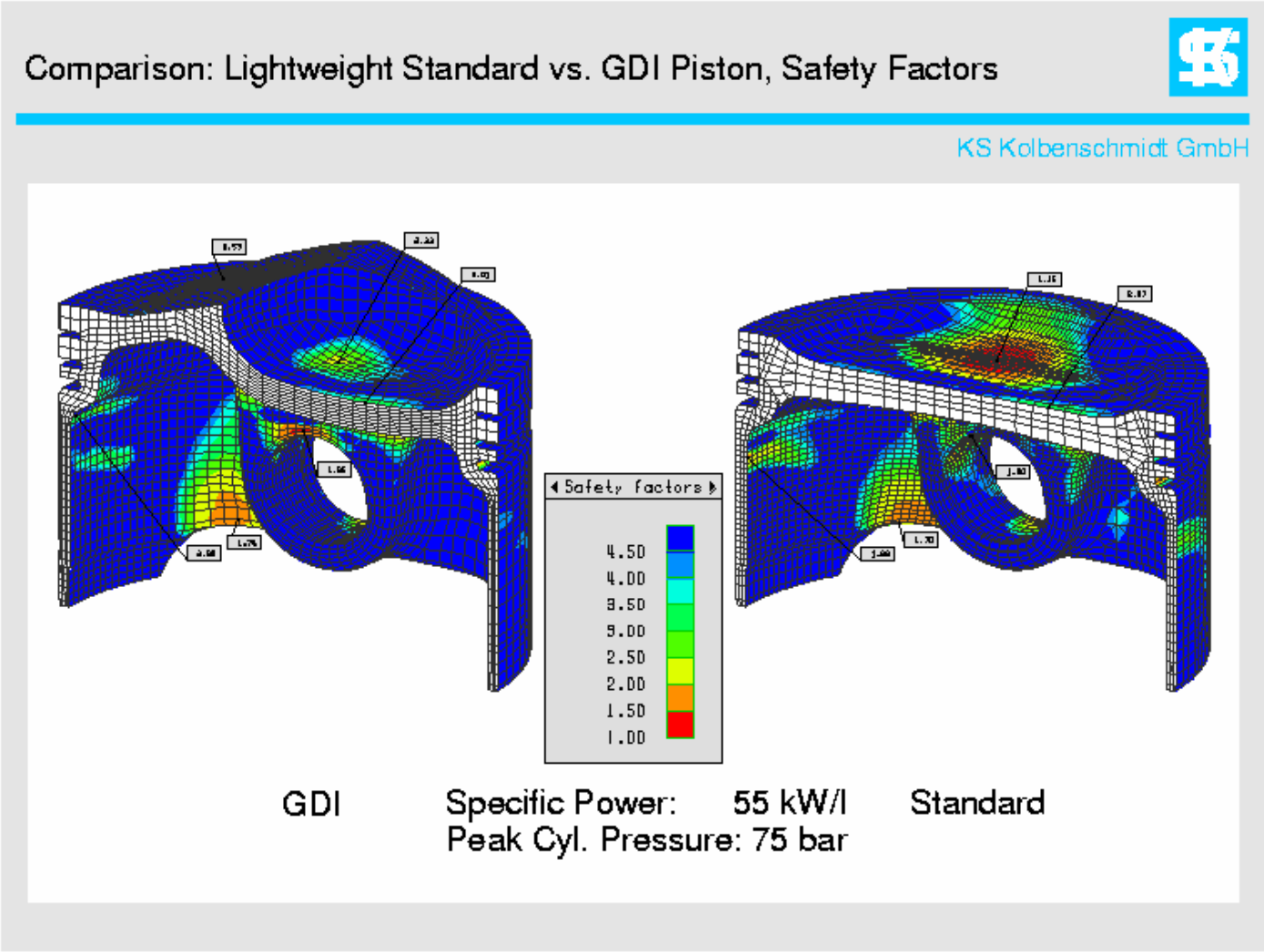
Copyright KS Kolbenschmidt GmbH

WVGDI 14Lag 17/K-EZV-1 / 21. 10 1999

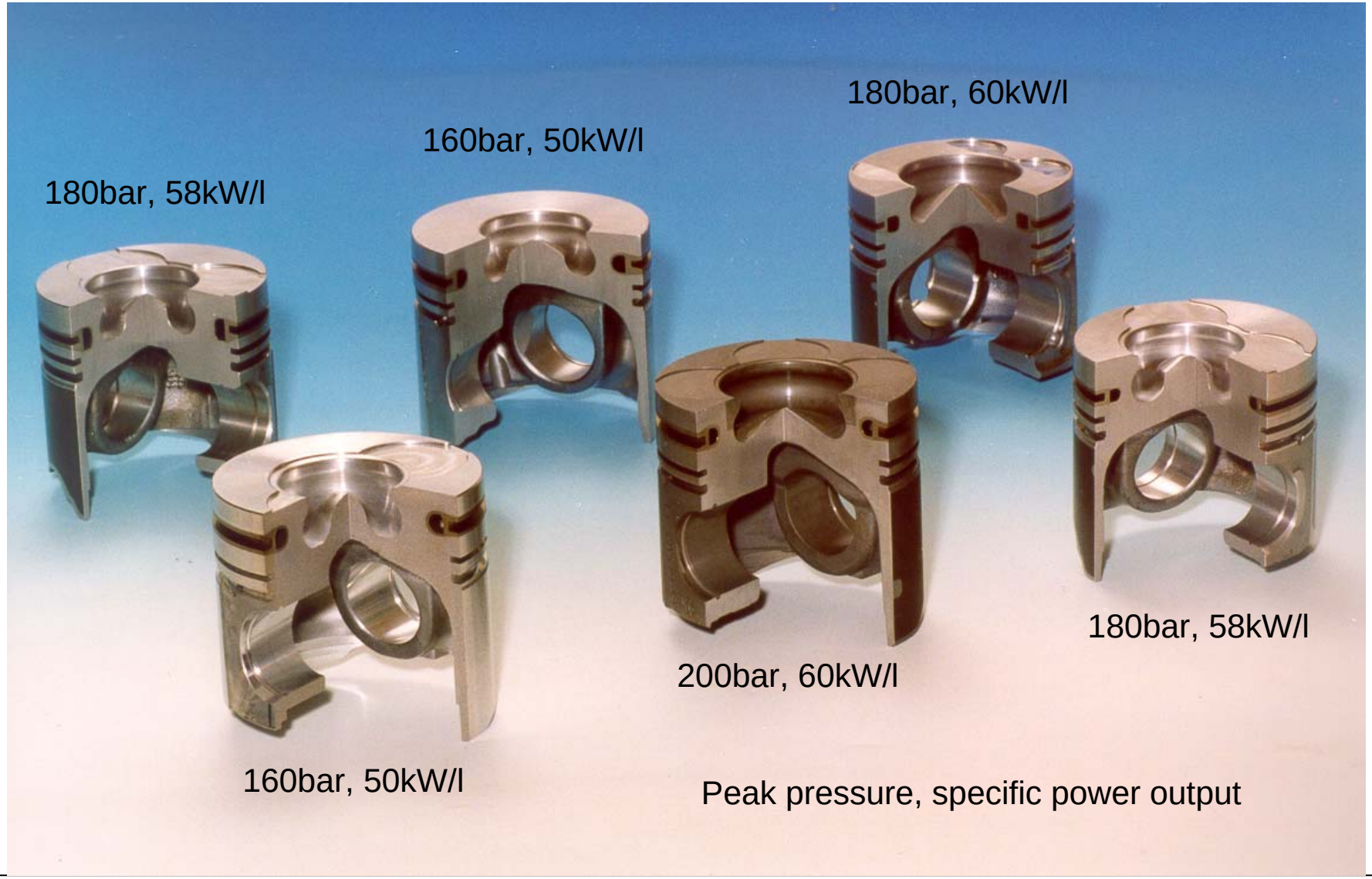
# Struttura motore – Il pistone



# Struttura motore – Il pistone



## Various Gallery KS Pistons with Basic Engine Data



## Sollecitazioni in funzionamento

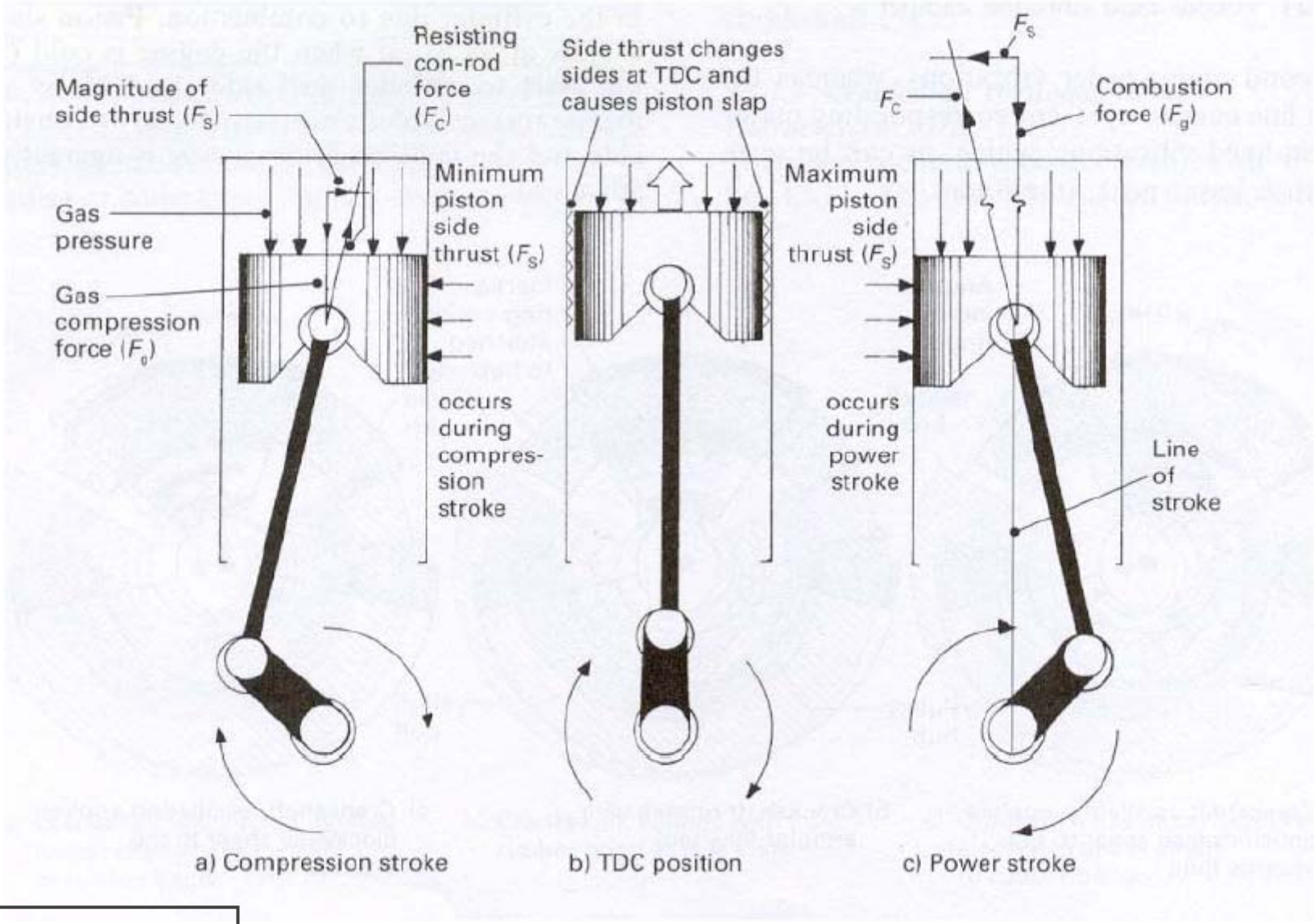
1. ***Carichi dinamici provenienti dal manovellismo*** (moti primari) → sollecitazione a fatica del componente, in particolare sui supporti dello spinotto.

2. ***Carichi provenienti dalla pressione*** in camera di combustione → sollecitazione a fatica della struttura nel suo complesso.

3. ***Carichi dinamici provenienti dai moti secondari*** permessi dai giochi di funzionamento (pistone-canna, piston slap) → urti, vibrazioni, sovratensioni locali, usure anomale

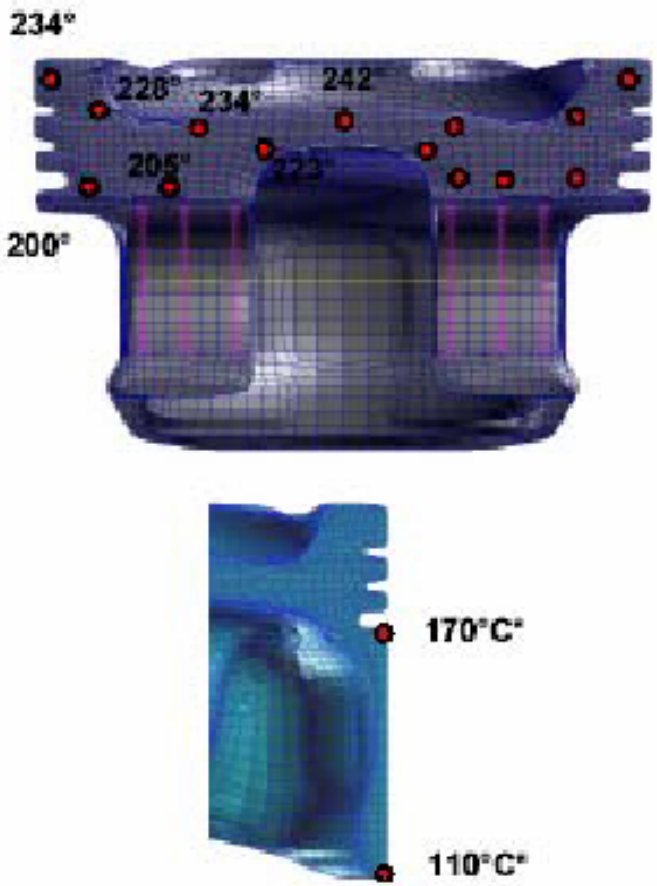
4. ***Carico termico a regime e in transitorio*** → sovratensioni dovuti a forti gradienti di temperatura, decadimento delle proprieta' meccaniche delle leghe leggere, distorsioni circonferenziali e assiali.

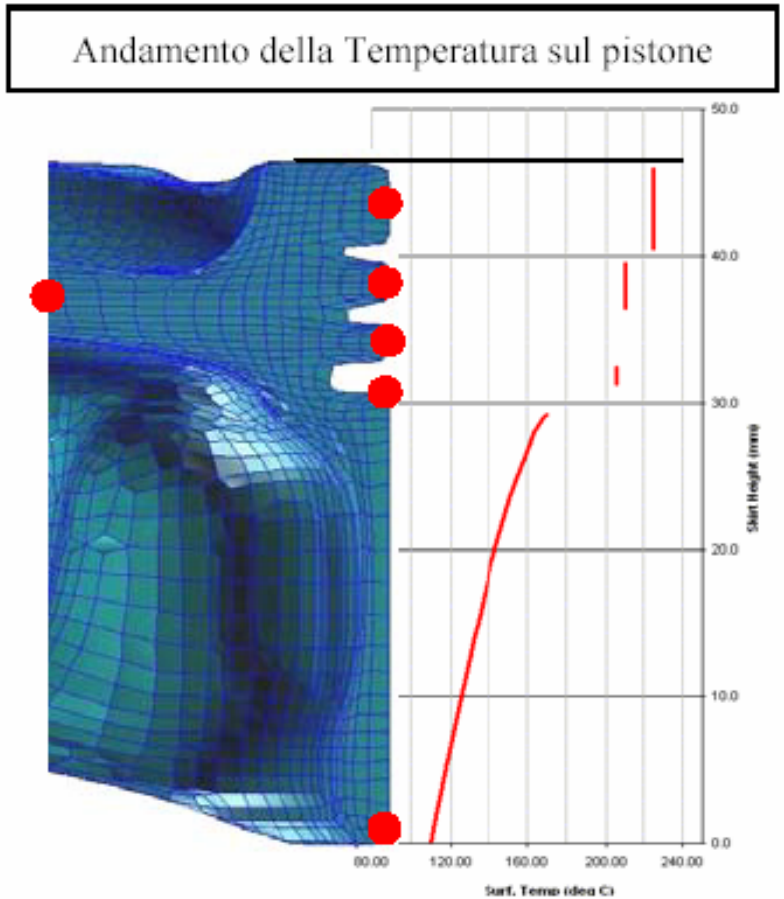
# Struttura motore – Il pistone




***Thrust = Spinta***
***Stroke = Corsa***

# Struttura motore – Il pistone



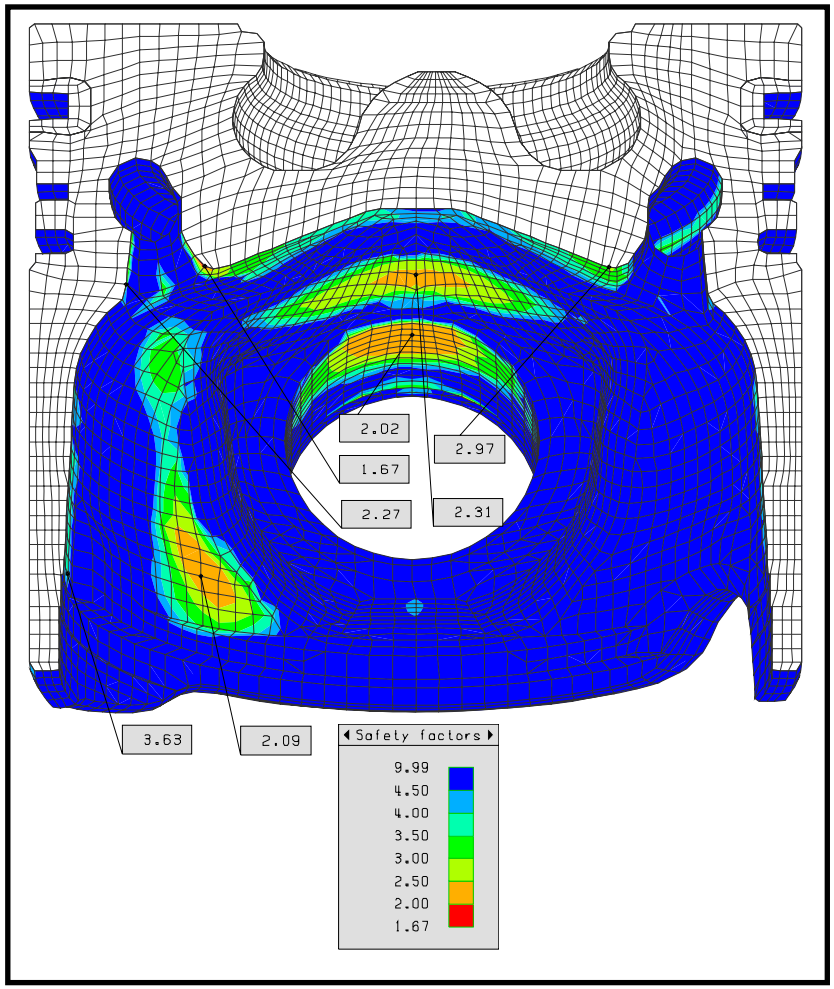

**Profilo Temperatura pistone**

# Struttura motore – Il pistone

**Safety factors, HCF;**
**9*10*7 cycles**

***High speed DI-piston for Engine 2,0l***

***85mm dia., version with cooling gallery***

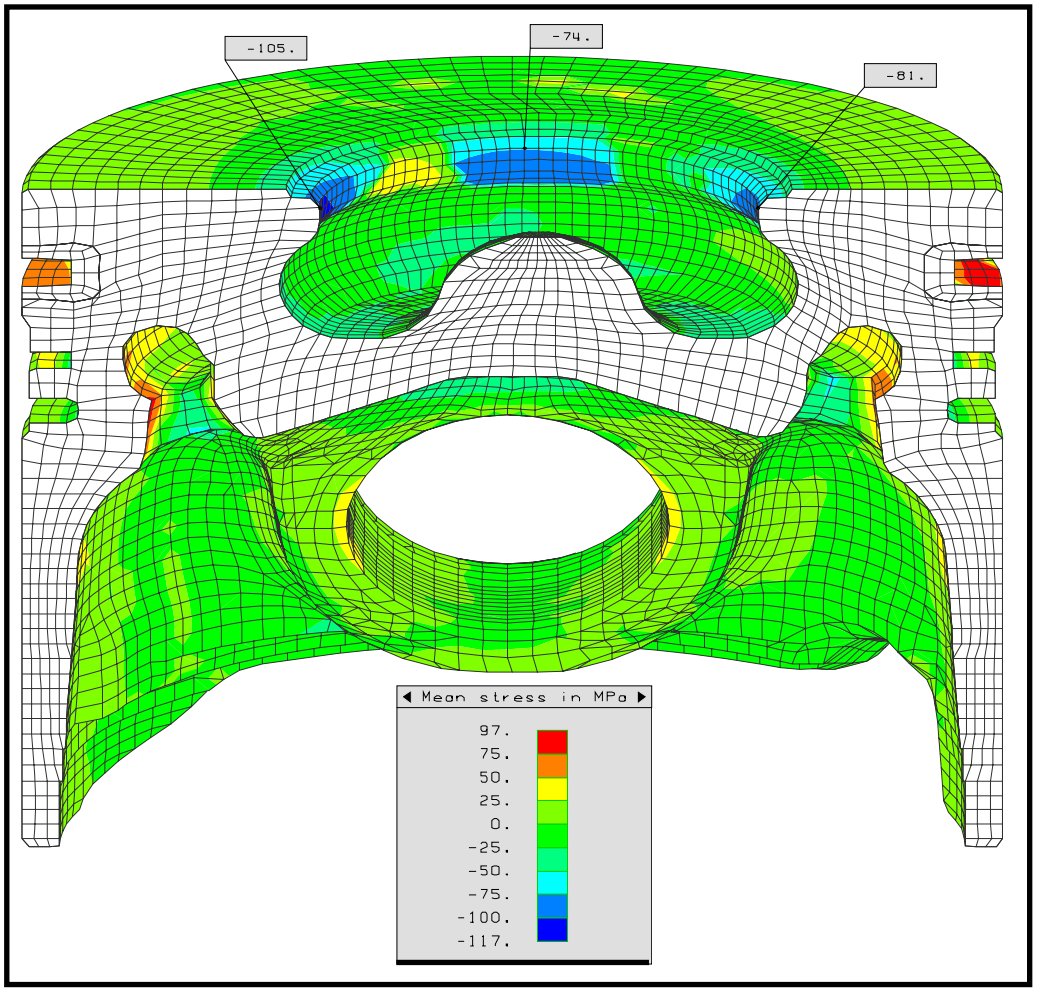


# Struttura motore – Il pistone

**Mean stress in MPa**

***High speed DI-piston***
*for Engine 2,0l*

*85mm dia., version with cooling gallery*



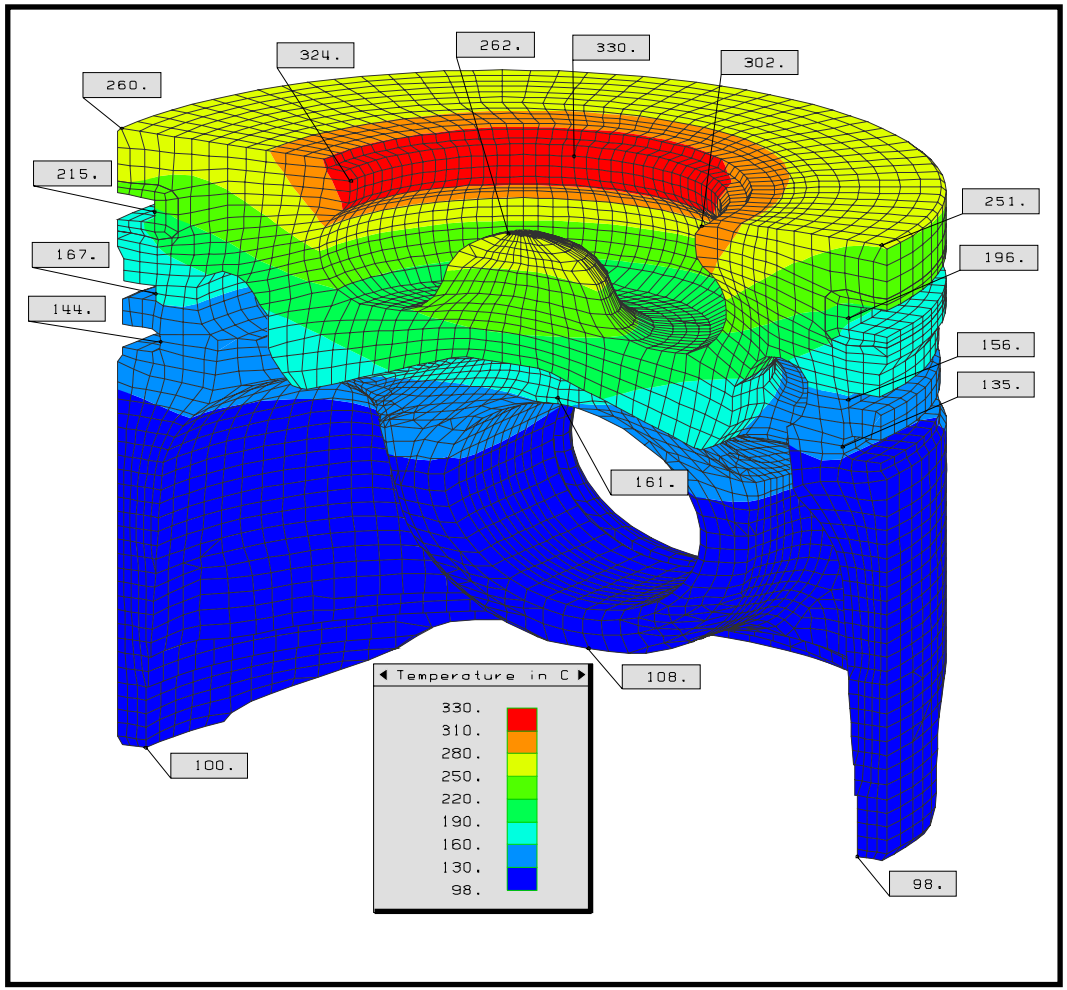
# Struttura motore – Il pistone

Temperature distribution in °C,

nominal rate

***High speed DI-piston*** *for Engine 2,0l*

*85mm dia., version with cooling gallery*

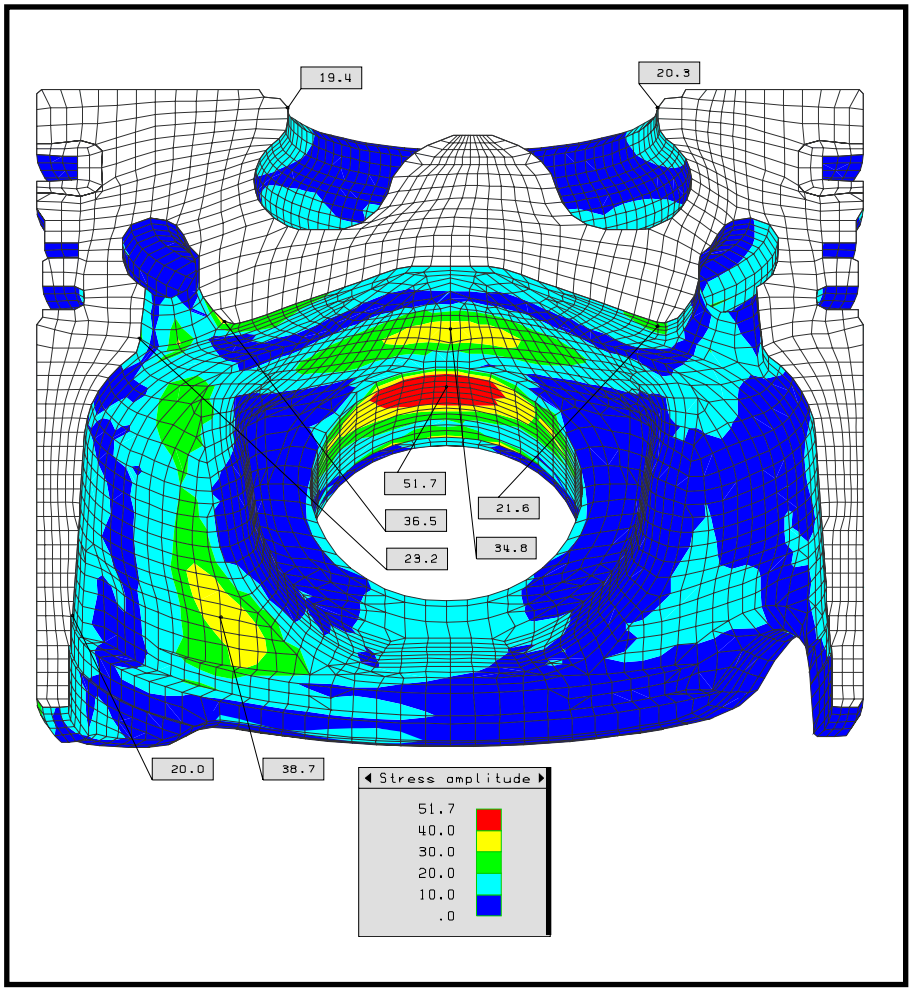


# Struttura motore – Il pistone

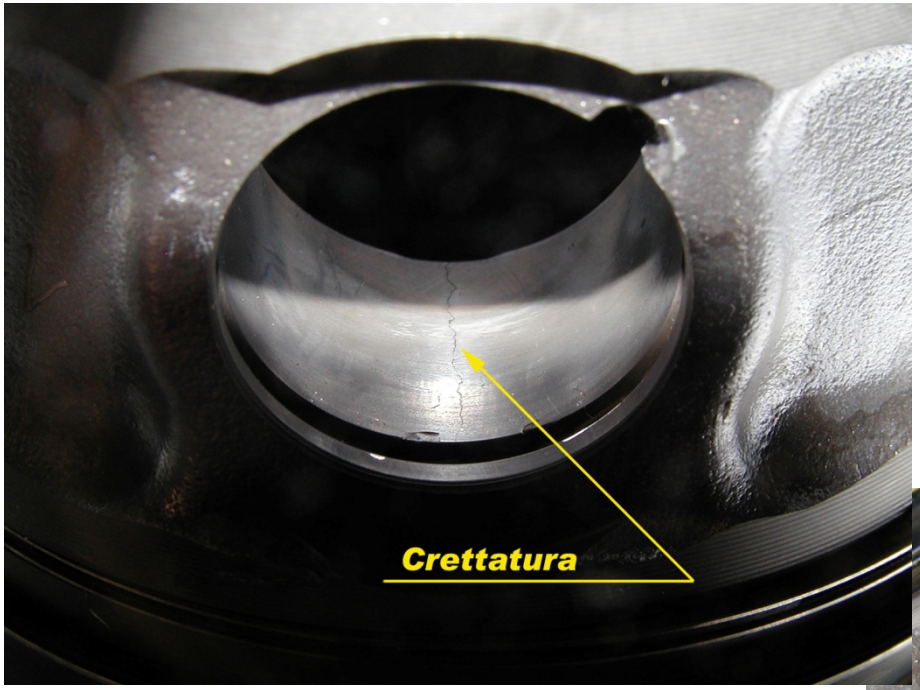
Stress amplitude in MPa

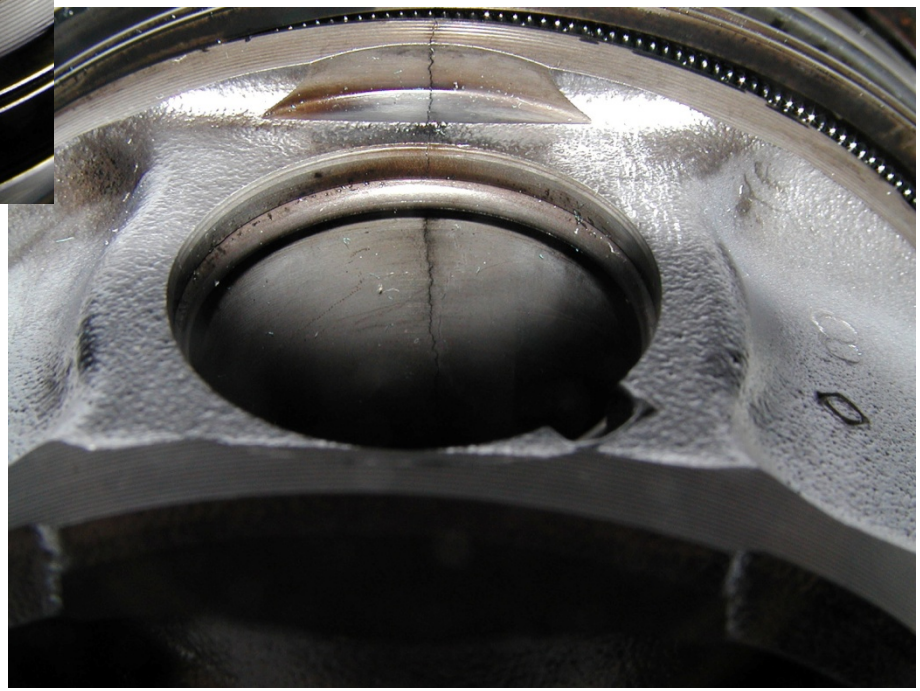
***High speed DI-piston*** *for Engine 2,0l*

*85mm dia., version with cooling gallery*



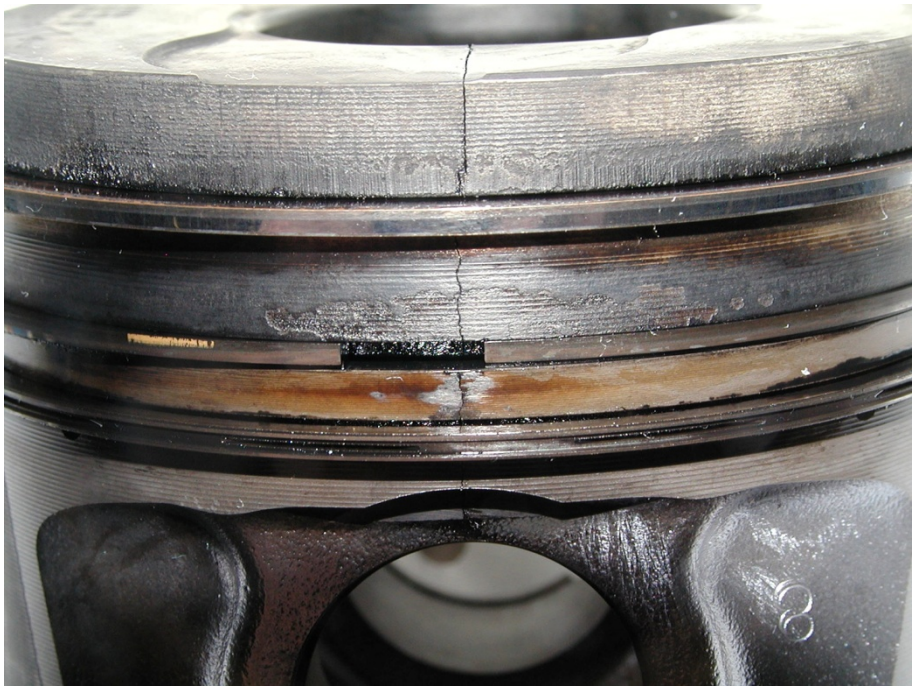
# Struttura motore – Il pistone



**Crettatura pistone Diesel dopo 1000 hr di durata banco**

# Struttura motore – Il pistone



**Crettatura pistone Diesel dopo 1000 hr di durata banco**

# Struttura motore – Il pistone

***Lato espansione***

***Lato volano***

***Lato compressione***

***Lato distribuzione***

**Pistoni Diesel dopo 1000 hr durata banco**

## Tecnologia

Il materiale utilizzato deve presentare le seguenti caratteristiche primarie:

- ***Elevata resistenza statica*** ed a fatica, particolarmente ad elevate temperature
- ***Basso coefficiente di dilatazione*** termica
- ***Elevata conducibilità*** termica
- Elevate ***caratteristiche reologiche***, in particolare in accoppiamento con il materiale della canna cilindri
- ***Elevata resistenza all'usura***

## Tecnologia

- Generalmente vengono utilizzate ***leghe di alluminio*** contenenti silicio, rame, magnesio (Al-Si-Mg e Al-Cu-Mg-Si).

***La ghisa*** viene utilizzato solo per motori diesel industriali, dove il regime di rotazione è molto modesto.

- La tecnologia di produzione:
  - ***Fusione in conchiglia*** per le applicazioni di grande serie, data la maggiore economia.
  - ***Stampaggio*** per le applicazioni sportive/prestazionali, grazie alla maggiore resistenza per assenza di porosità.

- Le ***lavorazioni*** sono molto complesse(rettifica, diamantatura..) per la grande precisione richiesta.