UNIVERSITÀ DEGLI STUDI eCAMPUS

Corsi Pas

Processi di fonderia

La produzione via fusione

© 2014 Università degli Studi eCampus - Via Isimbardi 10 - 22060 Novedrate (Co) - C.F. 08549051004 - Tel: 031.79421 - Fax: 031.7942501 - Mail: info@uniecampus.it

I PROCESSI DI FONDERIA DEI METALLI

Tra i processi di trasformazione dei materiali, sicuramente i ***processi di fonderia dei metalli*** sono quelli più antichi utilizzati dall'uomo per trasformare i materiali in prodotti di utilità o interesse artistico - ornamentale.

Essi si basano essenzialmente sul versamento di metallo preventivamente portato allo stato liquido e sulla sua successiva solidificazione all'interno di forme cave: in questa maniera, il metallo, solidificando, assume la geometria della cavità della forma entro cui è stato colato.

© 2014 Università degli Studi eCampus - Via Isimbardi 10 - 22060 Novedrate (Co) - C.F. 08549051004 - Tel: 031.79421 - Fax: 031.7942501 - Mail: info@uniecampus.it

I PROCESSI DI FONDERIA DEI METALLI

I processi di produzione per fonderia sono spesso indicati con i termini *tecniche di fusione* o *processi fusori* con i quali si intende non solo il semplice passaggio dei metalli dallo stato solido alla fase liquida, ma anche tutta la serie di processi di produzione svolti in *fonderia*, per creare le forme cave necessarie, fondere i materiali metallici, trattare il fuso ed effettuare tutte le altre operazioni che portano alla realizzazione del prodotto.

© 2014 Università degli Studi eCampus - Via Isimbardi 10 - 22060 Novedrate (Co) - C.F. 08549051004 - Tel: 031.79421 - Fax: 031.7942501 - Mail: info@uniecampus.it

I PROCESSI DI FONDERIA DEI METALLI

Nel settore industriale la fonderia riveste notevole importanza per la produzione di semilavorati destinati a successive lavorazioni (*lingotti*, *billette* ecc.) o a successivi processi fusori (*pani di fonderia*).

Sempre più di frequente, la fonderia permette di realizzare oggetti con forme molto prossime (***near to net shape***) a quelle di utilizzo: si tratta di oggetti che possono andare da pochi grammi di peso (protesi dentarie, gioielli) a diverse tonnellate (strutture di grosse macchine, ruote di vagoni ferroviari).

© 2014 Università degli Studi eCampus - Via Isimbardi 10 - 22060 Novedrate (Co) - C.F. 08549051004 - Tel: 031.79421 - Fax: 031.7942501 - Mail: info@uniecampus.it

I PROCESSI DI FONDERIA DEI METALLI

Scegliendo opportunamente una delle tecniche di fonderia, si producono, in modo molto più economico rispetto ad altre lavorazioni, pezzi di geometria molto complessa, caratterizzati da dimensioni e forma prossime a quelle finali, consentendo un'importante riduzione delle lavorazioni supplementari.

Infine il controllo dei parametri di processo permette di realizzare getti con proprietà meccaniche uniformi.

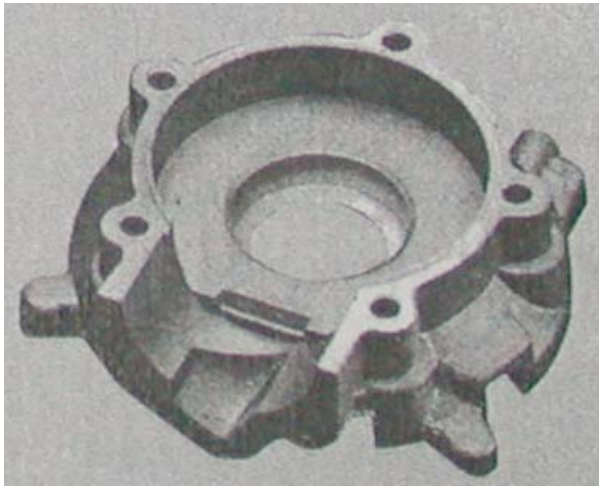
© 2014 Università degli Studi eCampus - Via Isimbardi 10 - 22060 Novedrate (Co) - C.F. 08549051004 - Tel: 031.79421 - Fax: 031.7942501 - Mail: info@uniecampus.it

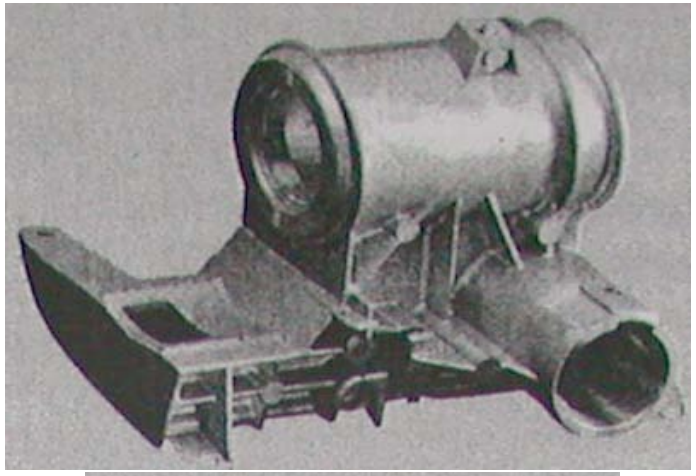
PARTICOLARI PRODOTTI PER FUSIONE

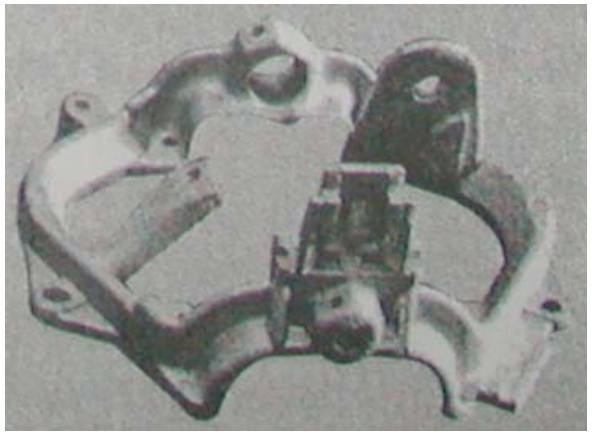
- Carburatori
- Testate di motori
- Volani
- Bancali di MU
- Raccordi di tubazioni
- Parti di caloriferi
- Rubinetterie
- Valvole
- Componenti di grandi dimensioni

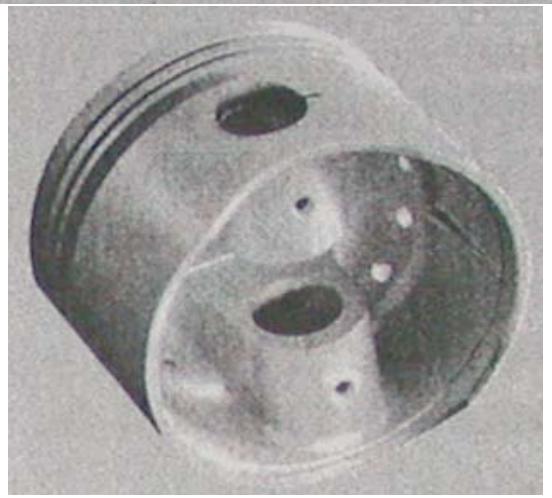
PARTICOLARI PRODOTTI PER FUSIONE

PARTICOLARI PRODOTTI PER FUSIONE

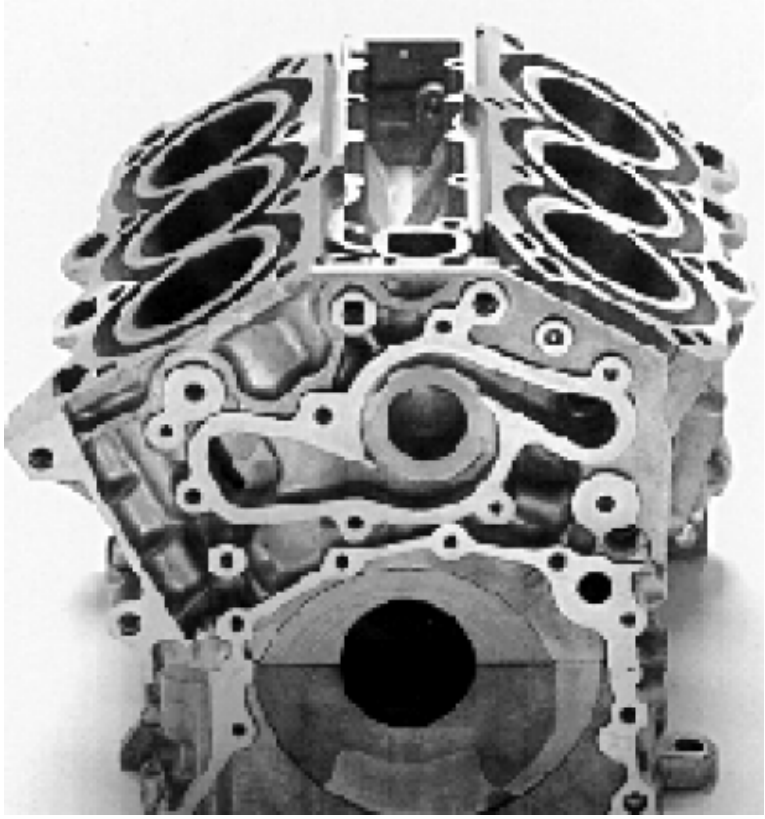




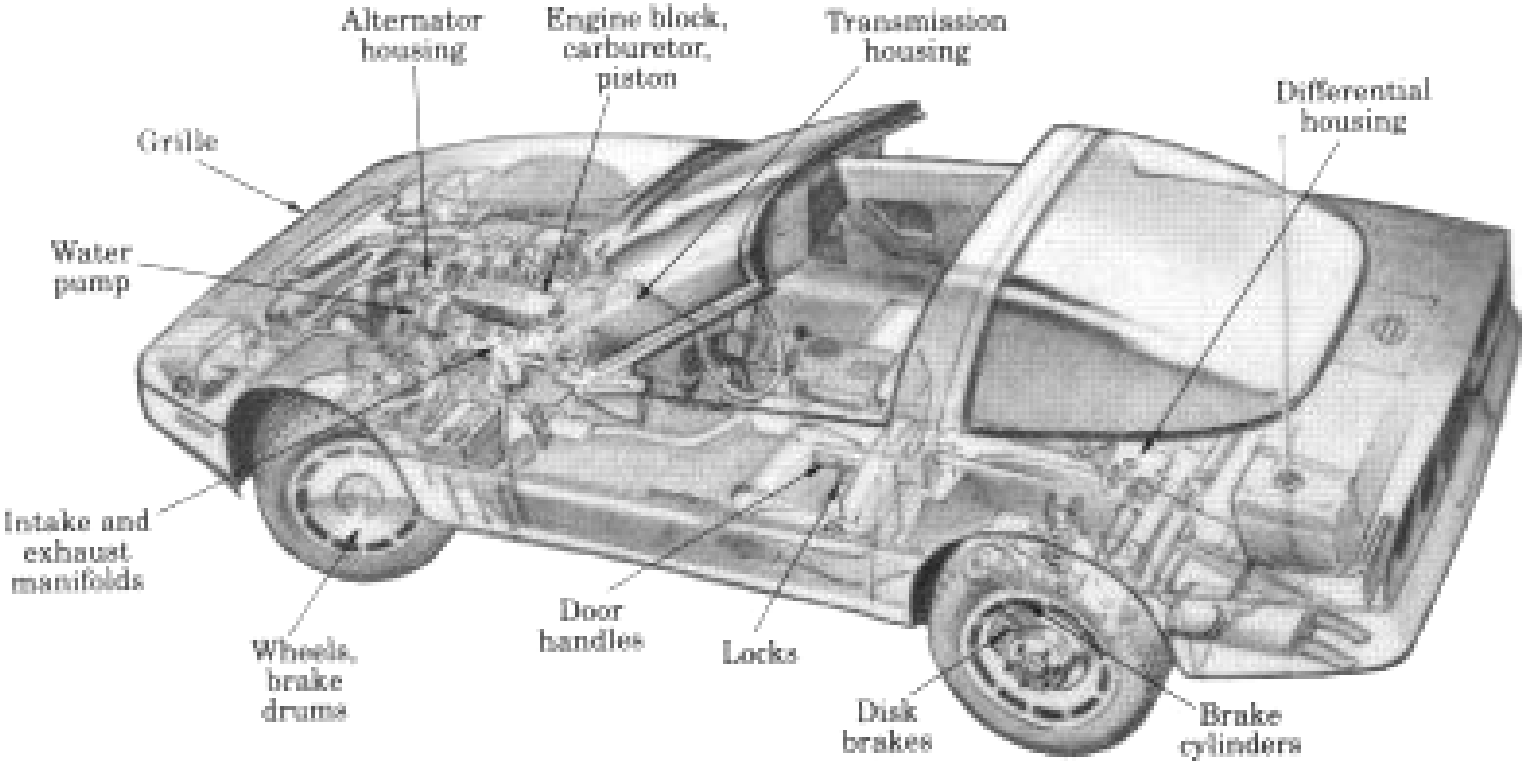




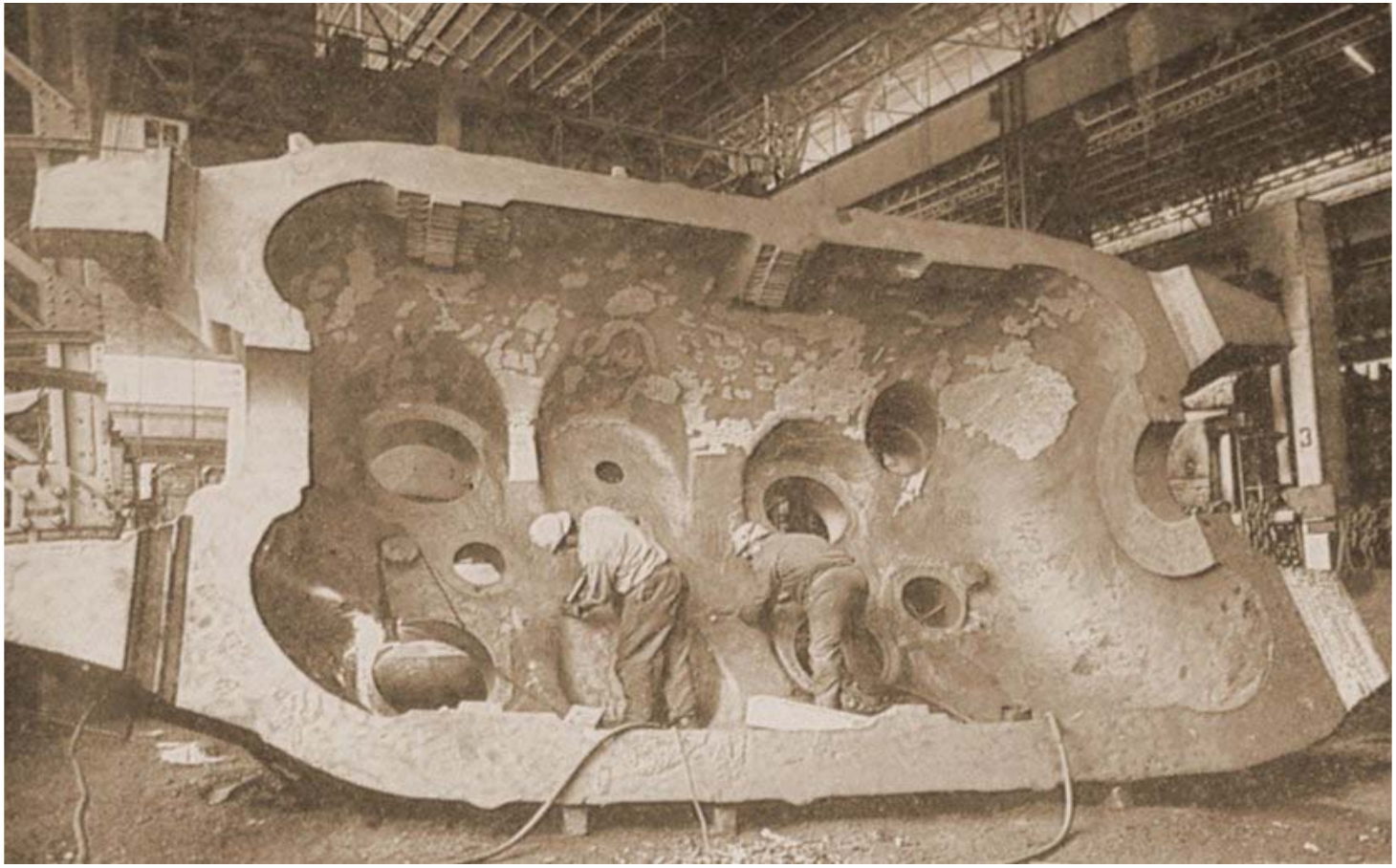
PARTICOLARI PRODOTTI PER FUSIONE



COMPONENTI AUTO OTTENUTI VIA FUSIONE



OGGETTI DI GRANDI DIMENSIONI OTTENUTI VIA FUSIONE



PROCESSI DI FONDERIA DEI METALLI

Le tecniche di fusione presentano un campo potenziale di applicazioni estremamente esteso: in ogni caso, tali **tecnologie** sono certamente **preferite agli altri processi produttivi** quando:

- si devono produrre forme complesse con cavità interne (ad esempio il monoblocco e la testata di un motore);
- l'uso dei processi fusori determina condizioni economiche certamente favorevoli (ad esempio la produzione del corpo di una caffettiera);
- il semilavorato non è producibile con altre tecniche: è il caso di numerosi particolari in ghisa, che possono essere realizzati solo ricorrendo alla fonderia.

© 2014 Università degli Studi eCampus - Via Isimbardi 10 - 22060 Novedrate (Co) - C.F. 08549051004 - Tel: 031.79421 - Fax: 031.7942501 - Mail: info@uniecampus.it

PROCESSI DI FONDERIA DEI METALLI

A fronte dei vantaggi finora citati, le **maggiori limitazioni della fonderia** rispetto alle lavorazioni per deformazione plastica o per asportazioni di truciolo, sono:

- minore duttilità e tenacità dei prodotti, con scadenti proprietà meccaniche
- maggior grado di porosità dei prodotti
- minor livello di precisione e accuratezza
- problemi ambientali di una certa rilevanza legati ai processi fusori

© 2014 Università degli Studi eCampus - Via Isimbardi 10 - 22060 Novedrate (Co) - C.F. 08549051004 - Tel: 031.79421 - Fax: 031.7942501 - Mail: info@uniecampus.it

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI eCAMPUS

Corsi Pas

Processi di fonderia

Classificazione dei processi fusori

© 2014 Università degli Studi eCampus - Via Isimbardi 10 - 22060 Novedrate (Co) - C.F. 08549051004 - Tel: 031.79421 - Fax: 031.7942501 - Mail: info@uniecampus.it

CLASSIFICAZIONE DEI PROCESSI FUSORI

La prima grande classificazione dei processi fusori può essere fatta sulla base dei materiali utilizzati per la preparazione delle ***forme***

- ***Processi fusori in forma transitoria (a perdere)***
- ***Processi fusori in forma permanente (riutilizzabile)***

© 2014 Università degli Studi eCampus - Via Isimbardi 10 - 22060 Novedrate (Co) - C.F. 08549051004 - Tel: 031.79421 - Fax: 031.7942501 - Mail: info@uniecampus.it

CLASSIFICAZIONE DEI PROCESSI FUSORI

- ***Processi fusori in forma transitoria (a perdere)***
  - La forma viene distrutta per l'estrazione del getto
  - La forma è realizzata con diversi materiali da formatura (sabbie o gessi, tenuti insieme mediante leganti di vario tipo)
  - La forma viene ottenuta mediante costipazione del materiale attorno al modello
  - L'esempio più comune: fonderia in terra

© 2014 Università degli Studi eCampus - Via Isimbardi 10 - 22060 Novedrate (Co) - C.F. 08549051004 - Tel: 031.79421 - Fax: 031.7942501 - Mail: info@uniecampus.it

CLASSIFICAZIONE DEI PROCESSI FUSORI

- ***Processi fusori in forma permanente (riutilizzabile)***
  - Le forme sono riutilizzate per un n° elevato di getti
  - Le forme sono realizzate in materiali metallici o, talvolta, in ceramici refrattari che possono resistere alle elevate temperature del metallo fuso che viene colato nelle loro cavità
  - Le forme sono realizzate attraverso lavorazioni alle macchine utensili
  - L'elevato costo delle lavorazioni viene distribuito e ammortizzato dagli elevati volumi produttivi
  - L'esempio più comune: colata in conchiglia

© 2014 Università degli Studi eCampus - Via Isimbardi 10 - 22060 Novedrate (Co) - C.F. 08549051004 - Tel: 031.79421 - Fax: 031.7942501 - Mail: info@uniecampus.it

CLASSIFICAZIONE DEI PROCESSI FUSORI

I problemi caratteristici della fonderia con forme transitorie o con forme permanenti, prescindendo dagli aspetti legati ai diversi materiali delle forme, sono in gran parte comuni e si risolvono con gli stessi accorgimenti.

In termini del tutto generali:

- ***la fonderia con forme transitorie permette di ottenere forme molto più complesse;***
- ***i processi con forme permanenti offrono il vantaggio di un rilevante aumento di produttività.***

© 2014 Università degli Studi eCampus - Via Isimbardi 10 - 22060 Novedrate (Co) - C.F. 08549051004 - Tel: 031.79421 - Fax: 031.7942501 - Mail: info@uniecampus.it

CLASSIFICAZIONE DEI PROCESSI FUSORI

Oltre alla classificazione fatta sulla base dei materiali che costituiscono le forme, le tecniche di fonderia possono essere classificate anche in base:

- ai ***materiali del modello***, legno o metallo (modello permanente) oppure cera o polistirolo (modello a perdere);
- all'***applicazione*** o meno ***di pressione*** durante la colata;
- al ***riutilizzo*** o meno ***di modelli e anime.***

CLASSIFICAZIONE DEI PROCESSI FUSORI

- Fonderia dei getti
  - Forme transitorie
    - Modello permanente
      - in terra:
        - a verde
        - a semiverde
        - a secco
      - con slurry
      - alla CO_2
      - con oli, resine
      - cold box
      - hot box
      - in motta
    - Modello a perdere
      - in sabbia
      - a cera persa
  - Forme permanenti
    - Anime a perdere
      - Colata per gravità
      - Colata a depressione
    - Anime in metallo
      - Colata in pressione
        - Camera fredda
        - Camera calda
    - Squeeze casting

SCELTA DEL PROCESSO

La scelta della particolare tecnica dipende da numerosi parametri:

- dimensioni prodotto
- volume di produzione
- complessità geometria
- proprietà meccaniche
- finiture superficiali e tolleranze
- materiale
- costi

© 2014 Università degli Studi eCampus - Via Isimbardi 10 - 22060 Novedrate (Co) - C.F. 08549051004 - Tel: 031.79421 - Fax: 031.7942501 - Mail: info@uniecampus.it

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI eCAMPUS

Corsi Pas

Processi di fonderia

Fasi per la realizzazione dei getti

© 2014 Università degli Studi eCampus - Via Isimbardi 10 - 22060 Novedrate (Co) - C.F. 08549051004 - Tel: 031.79421 - Fax: 031.7942501 - Mail: info@uniecampus.it

CICLO DI FABBRICAZIONE DEI GETTI

In generale, le ***fasi di lavorazione*** per ottenere un getto sono molteplici e ciascuna di esse assume una rilevanza più o meno accentuata a seconda della tecnica che si considera.

© 2014 Università degli Studi eCampus - Via Isimbardi 10 - 22060 Novedrate (Co) - C.F. 08549051004 - Tel: 031.79421 - Fax: 031.7942501 - Mail: info@uniecampus.it

CICLO DI FABBRICAZIONE DEI GETTI

Nel caso più generale di fonderia in terra, il ***ciclo di lavorazione*** comprende:

1. l'allestimento del modello in legno o in lega leggera, sulla base del progetto;
2. la preparazione della forma, costipando la terra sul modello e realizzando in tal modo l'impronta, in negativo, di quella che sarà la forma del pezzo prodotto;
3. la preparazione del metallo fuso e il suo versamento nella forma;
4. l'estrazione del getto dalla forma dopo la solidificazione (distaffatura);
5. la finitura del getto.

© 2014 Università degli Studi eCampus - Via Isimbardi 10 - 22060 Novedrate (Co) - C.F. 08549051004 - Tel: 031.79421 - Fax: 031.7942501 - Mail: info@uniecampus.it

CICLO DI FABBRICAZIONE DEI GETTI

PRINCIPI DI BASE	*ASPETTI TECNOLOGICI*	*ASPETTI PROGETTUALI*
	allestimento modello	Progettazione del getto del modello e dell'impronta
	esecuzione forma	Scelta dei materiali per l'esecuzione dell'impronta
		Scelta dei materiali per il getto
Fusione Moto dei fluidi Raffreddamento e solidificazione	preparazione del metallo fuso e colata	
	estrazione del getto dopo solidificazione	Controllo qualità dei getti
	finitura del getto	

CICLO DI FABBRICAZIONE DEI GETTI

Nella fonderia in forme metalliche (***fonderia in conchiglia***), l'allestimento del modello non sussiste; la forma è preparata mediante lavorazioni alle macchine utensili e viene riutilizzata in tutte le colate successive o, almeno, fino a quando non perde le sue caratteristiche geometriche, a causa di fenomeni di usura.

© 2014 Università degli Studi eCampus - Via Isimbardi 10 - 22060 Novedrate (Co) - C.F. 08549051004 - Tel: 031.79421 - Fax: 031.7942501 - Mail: info@uniecampus.it

CICLO DI FABBRICAZIONE DEI GETTI

Le fasi del ciclo di fabbricazione dei getti sono influenzate da processi e meccanismi che si verificano durante:

- fusione
- versamento e movimento del fuso nella forma
- solidificazione e raffreddamento allo stato solido

© 2014 Università degli Studi eCampus - Via Isimbardi 10 - 22060 Novedrate (Co) - C.F. 08549051004 - Tel: 031.79421 - Fax: 031.7942501 - Mail: info@uniecampus.it

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI eCAMPUS

Corsi Pas

Processi di fonderia

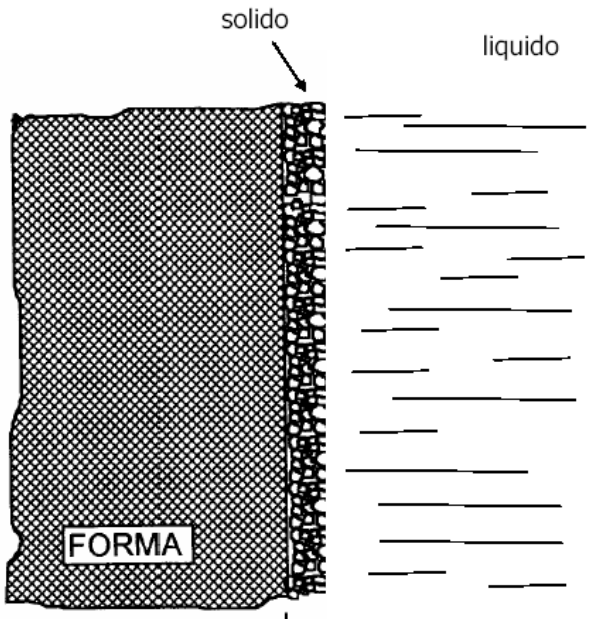
Microstruttura dei getti

© 2014 Università degli Studi eCampus - Via Isimbardi 10 - 22060 Novedrate (Co) - C.F. 08549051004 - Tel: 031.79421 - Fax: 031.7942501 - Mail: info@uniecampus.it

MICROSTRUTTURA DEI GETTI

La massa fluida, a contatto con la forma, comincia a cedere calore alla superficie. Si stabilisce così un gradiente negativo di temperatura che provoca in questa un flusso termico del calore asportato dal pezzo verso l'esterno e la sua dispersione dalle superfici esterne della forma nell'ambiente circostante.

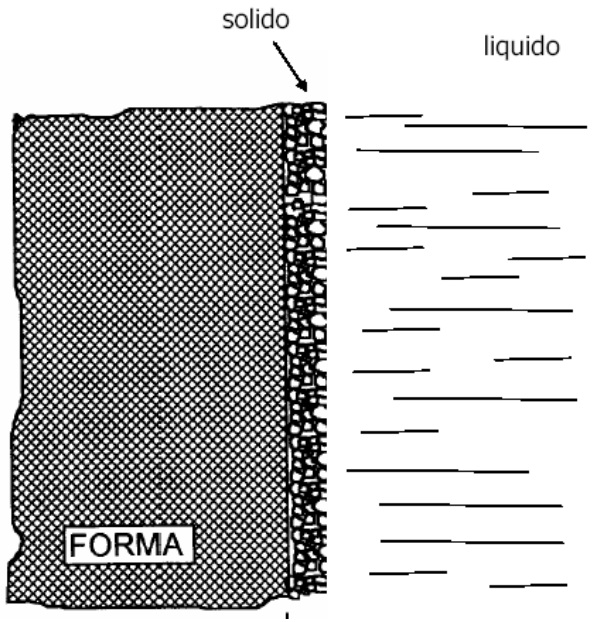
Quando la temperatura del fuso raggiungerà la temperatura di solidificazione, inizierà la formazione di metallo allo stato solido



I Fase

MICROSTRUTTURA DEI GETTI

Nella prima fase di solidificazione, cioè quando la crosta di solido è sottile, il metallo è in intimo contatto con la superficie della forma e quindi subisce rapide asportazioni di calore che abbassano transitoriamente e localmente la temperatura al di sotto del valore di fusione.

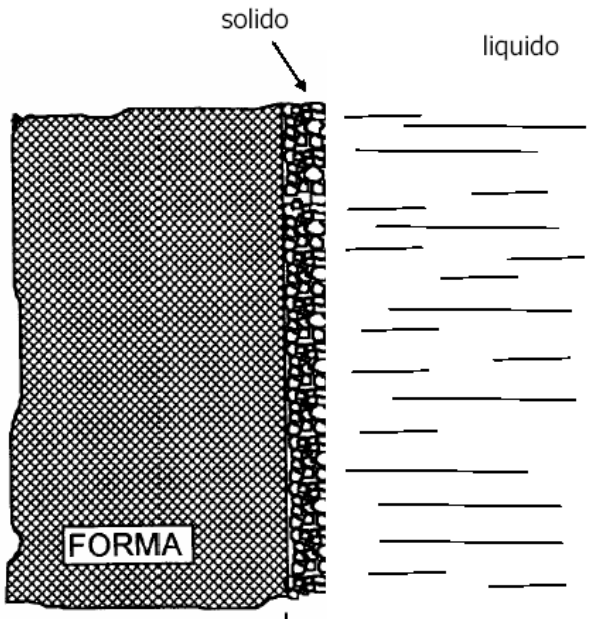


I Fase

MICROSTRUTTURA DEI GETTI

E' noto dall'esperienza che, in una massa sottoraffreddata, si formano nuclei di solidificazione, detti anche ***germi di solidificazione***. Essi sono caratterizzati da una struttura cristallografica con geometria ed orientamento ben definiti, costituiti inizialmente da pochi atomi ai quali però se ne aggiungono altri provenienti dal liquido in solidificazione, accrescendone il volume e dando luogo, infine, a tanti grani cristallini, osservabili.

Nella prima fase di solidificazione si ha la formazione di un elevatissimo numero di nuclei per cui la struttura del materiale sarà a ***grani fini ed equiassici***.



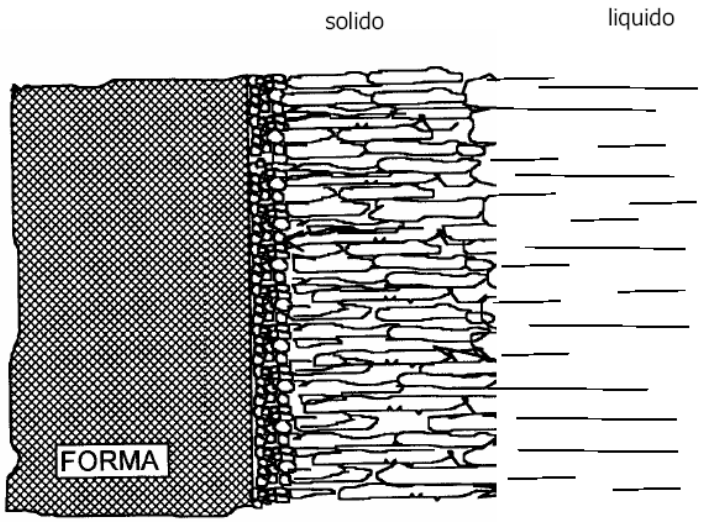
I Fase

© 2014 Università degli Studi eCampus - Via Isimbardi 10 - 22060 Novedrate (Co) - C.F. 08549051004 - Tel: 031.79421 - Fax: 031.7942501 - Mail: info@uniecampus.it

MICROSTRUTTURA DEI GETTI

Immediatamente dopo la formazione di questo primo strato, che può raggiungere lo spessore massimo di qualche centimetro, le modalità di crescita dei cristalli variano e cominciano a formarsi ***grani allungati*** in direzione opposta a quella di sottrazione del calore.

Contemporaneamente, la temperatura della forma nella zona di contatto aumenta e la crosta solidificata, raffreddandosi, si contrae per cui tende a staccarsi dalla forma e a formare un'intercapedine di aria isolante (***ritiro***).



II Fase

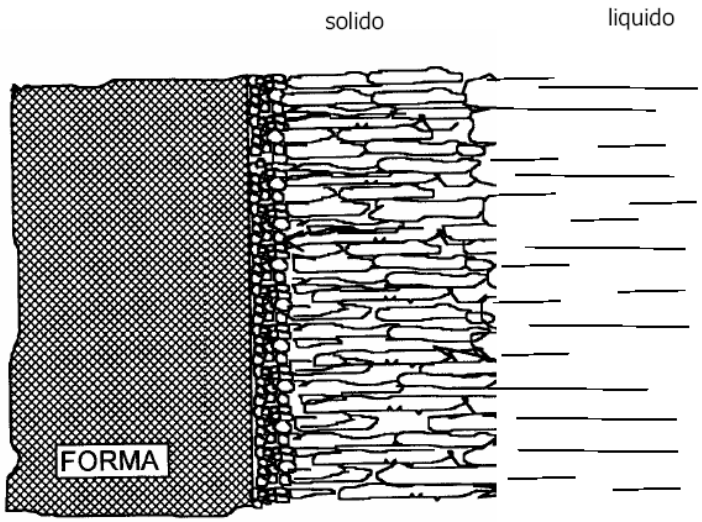
© 2014 Università degli Studi eCampus - Via Isimbardi 10 - 22060 Novedrate (Co) - C.F. 08549051004 - Tel: 031.79421 - Fax: 031.7942501 - Mail: info@uniecampus.it

MICROSTRUTTURA DEI GETTI

Per questi motivi, dopo un certo tempo dall'inizio della solidificazione, la velocità di raffreddamento diminuisce.

Ha inizio, quindi, una nuova fase di raffreddamento ove il primo guscio solidificato aumenta di spessore verso la massa ancora fusa per l'adesione di nuovi atomi.

I germi nucleati in questa seconda fase sono meno numerosi di quelli nucleati nella prima; la loro crescita che, ora avviene con una velocità piuttosto elevata, conduce a grani con una caratteristica forma allungata nella direzione del flusso di calore (***struttura colonnare o basaltica***)

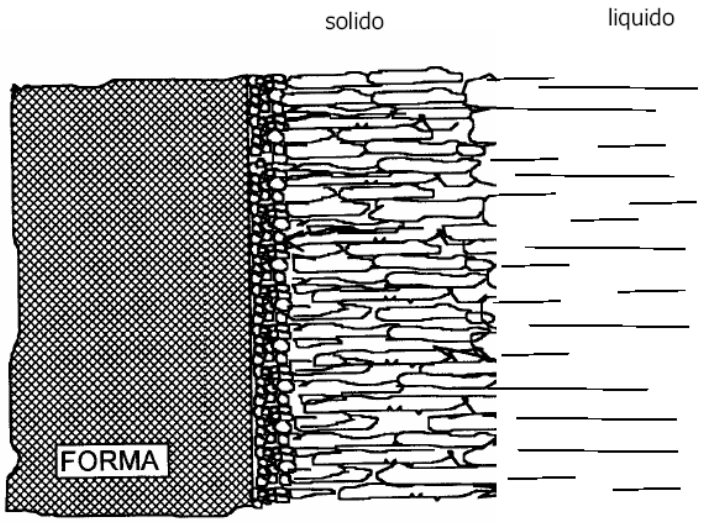


II Fase

MICROSTRUTTURA DEI GETTI

Lo spessore di metallo che solidifica in questa fase è molto esteso, in particolare se il raffreddamento avviene velocemente.

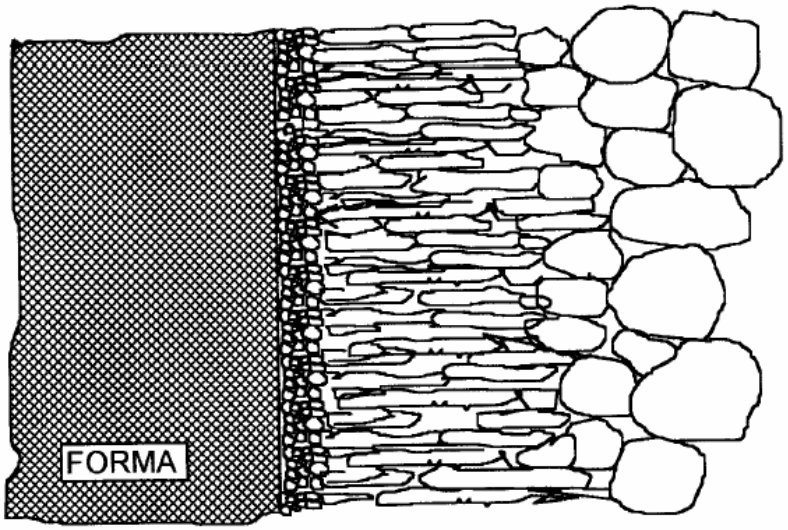
In molti casi, in cui le dimensioni della forma sono ridotte e la sottrazione del calore è molto energica, la zona colonnare si estende fino al centro del fuso, cioè i cristalli allungati del volume solido pur provenendo da direzioni opposte arrivano a toccarsi nel centro della forma



II Fase

MICROSTRUTTURA DEI GETTI

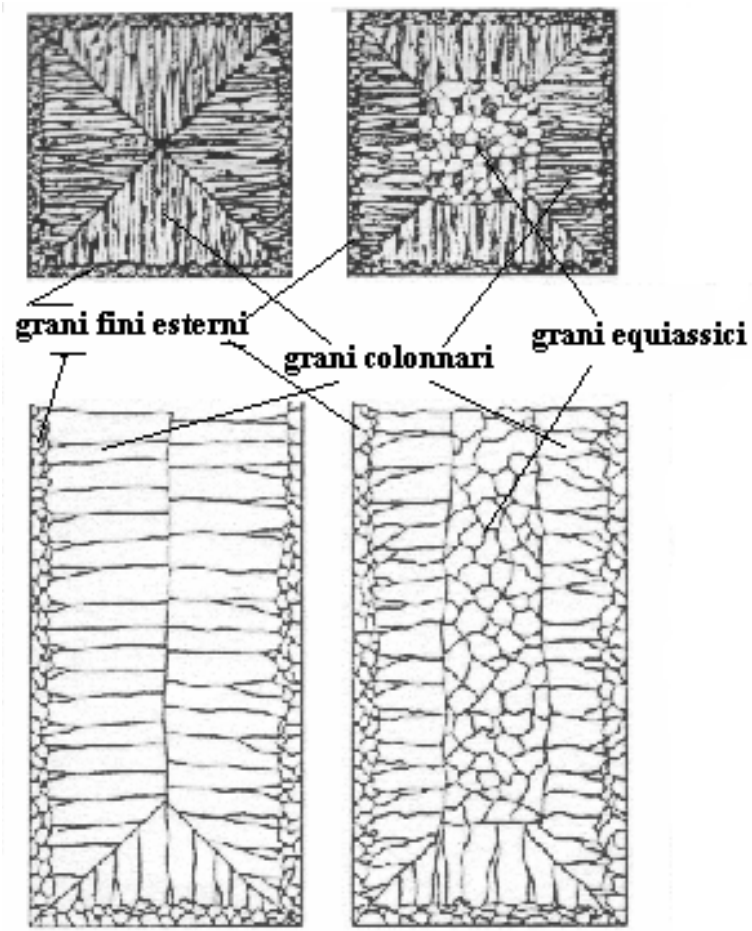
Di norma questa seconda fase di crescita unidirezionale è seguita da una terza fase in cui lo sviluppo dei cristalli diviene ***equiassiale e tondeggiante***



III Fase

© 2014 Università degli Studi eCampus - Via Isimbardi 10 - 22060 Novedrate (Co) - C.F. 08549051004 - Tel: 031.79421 - Fax: 031.7942501 - Mail: info@uniecampus.it

MICROSTRUTTURA DEI GETTI



MICROSTRUTTURA DEI GETTI

Nei brevi istanti in cui un getto solidifica, anche se costituiscono una piccolissima frazione del ciclo di produzione, si forma la struttura cristallina originaria del getto da cui dipendono le sue proprietà meccaniche.

In questa fase, programmando opportunamente la solidificazione, possono essere evitati i maggiori difetti come le cavità da ritiro, le lacerazioni a caldo, le riprese di fusione, ecc.

© 2014 Università degli Studi eCampus - Via Isimbardi 10 - 22060 Novedrate (Co) - C.F. 08549051004 - Tel: 031.79421 - Fax: 031.7942501 - Mail: info@uniecampus.it