

Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Industriale

Corso di Laurea in Ingegneria Chimica e dei Materiali

Relazione per la prova finale
Pressofusione di leghe di alluminio: valutazione del
processo e analisi dei principali difetti

Tutor universitario: Prof. Alessandro Martucci

Laureando: *Mantiero Andrea*

Padova, 15/03/2023

L'attività svolta è stata suddivisa in due momenti principali:

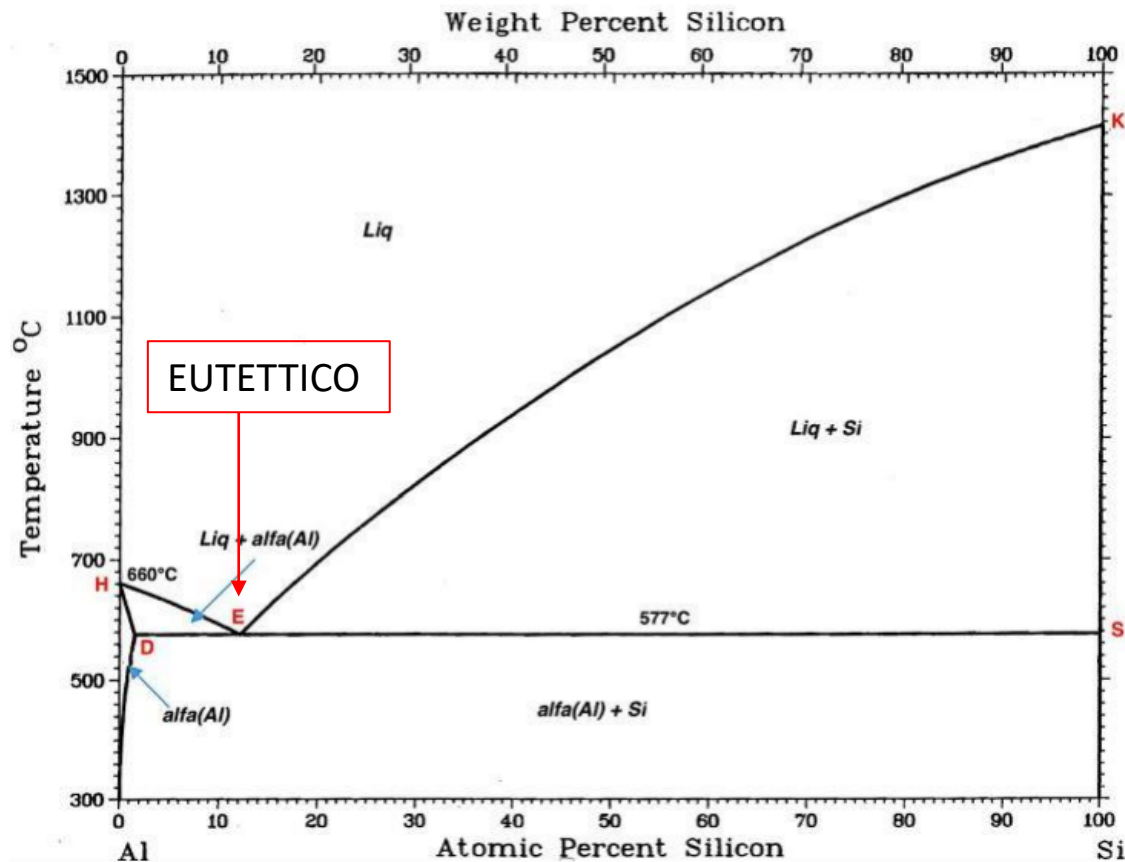
1. Comprensione dei principali meccanismi della pressofusione finalizzata nell'individuare i fattori ad alto impatto sul prodotto:
 - Isola di pressocolata
 - Inglobamento di gas
 - Tecniche di degassaggio

2. Breve indagine statistica legata alla difettosità di un getto pressofuso grezzo:
 - Indagine campionaria, basata sull'osservazione diretta
 - Vengono prese in considerazione tre differenti variabili quali: presenza o meno di difetti, temperatura di mantenimento del forno d'attesa e spessore della materozza

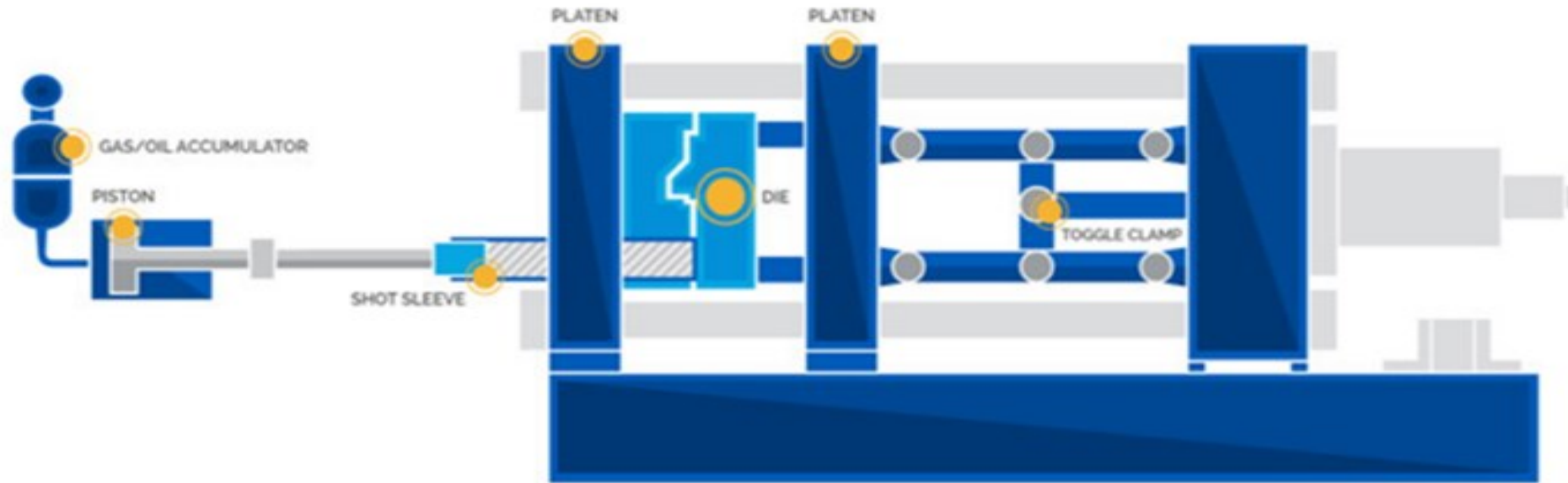
Una volta identificati i principali fattori impattanti, l'indagine si concentra sull'individuazione di una possibile correlazione tra la presenza o meno di difetti e due specifici parametri, ovvero temperatura del forno e spessore della materozza, facilmente regolabili in un intervallo di tolleranza nel gruppo pressa. Infine, si vuole stimare il numero massimo di pezzi difettosi che potrebbero essere presenti in un lotto da 500.



LEGA ALLUMINIO-SILICIO



- Punto eutettico al 11,7%
- Il silicio permette un aumento di durezza, resistenza e diminuzione del peso specifico senza perdere duttilità
- Alta colabilità che aumenta all'avvicinarsi dell'eutettico per questo è la lega più utilizzata per la pressofusione
- L'eutettico ha una struttura lamellare nella quale si alternano lamelle di fase α (Al) e lamelle di fase β (Si)



L'isola di pressofusione è composta principalmente dalle seguenti parti:

- Pressa
- Forno d'attesa mantenuto in temperatura da resistenze elettriche
- Pressa per tranciatura
- Pompa e immagazzinatore d'olio, forniscono la spinta oleodinamica al pistone
- Pistone e camera di iniezione

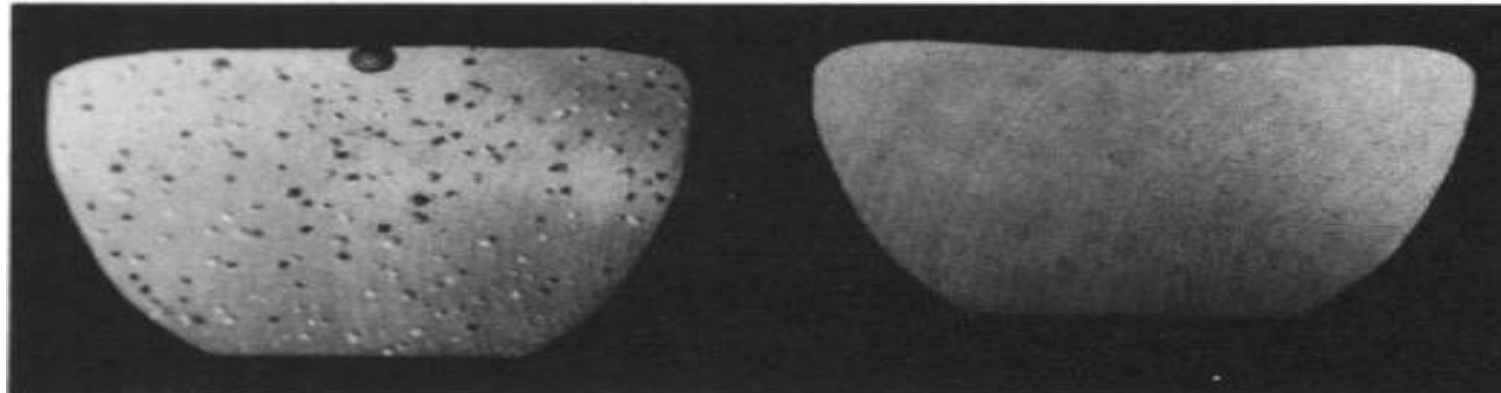
Tra la moltitudine di cause producenti difetti nel prodotto si è scelto di concentrarsi su quella più comune ed impattante: l'inglobamento di gas che produce porosità.

Il gas che costituisce la maggior parte di queste porosità è l'idrogeno, infatti si origina dal vapore acqueo presente nell'aria dalla seguente reazione:



Durante il processo non avremmo mai assenza di queste bolle, infatti la porosità deriva dal netto tra i seguenti fenomeni :

- assorbimento di gas nella fusione della lega e alcune movimentazioni
- segregazione di aria e umidità che avviene durante il processo

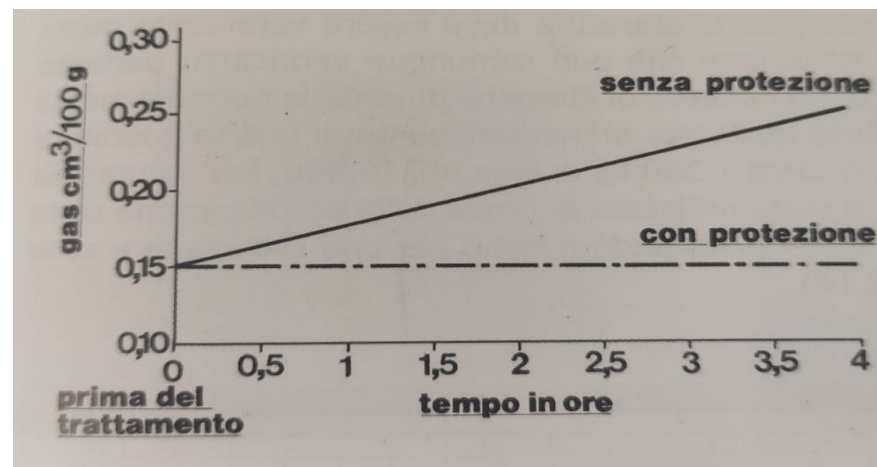
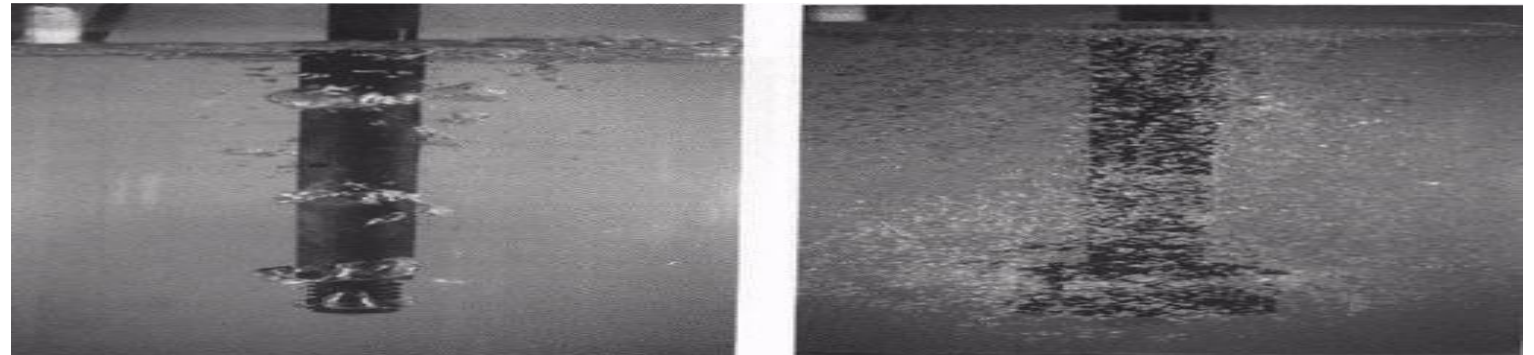


- Temperatura raggiunta durante la fusione o durante la fase di mantenimento nei forni, precedente l'operazione di colata
- Elevata umidità nell'ambiente esterno
- Frequenti prelievi e scarichi
- Pulizia delle pareti dei forni dal corindone



I problemi legati alla temperatura e alla pulizia possono essere limitati con manutenzione ordinaria, mentre gli altri non possono essere risolti per cui sono necessarie delle azioni preventive.

- Le tecnologie più utilizzate in azienda sono basate sull'introduzione nel bagno di bolle di gas inerte, argon (Ar) o azoto (N). Il degasaggio avviene per mezzo del gradiente di pressione che si crea localmente tra il metallo liquido e la bolla di gas inerte
- Discioglimento di sali, omogeneamente dispersi sulla superficie del bagno, che permettono di proteggere la lega da ulteriori ingressi



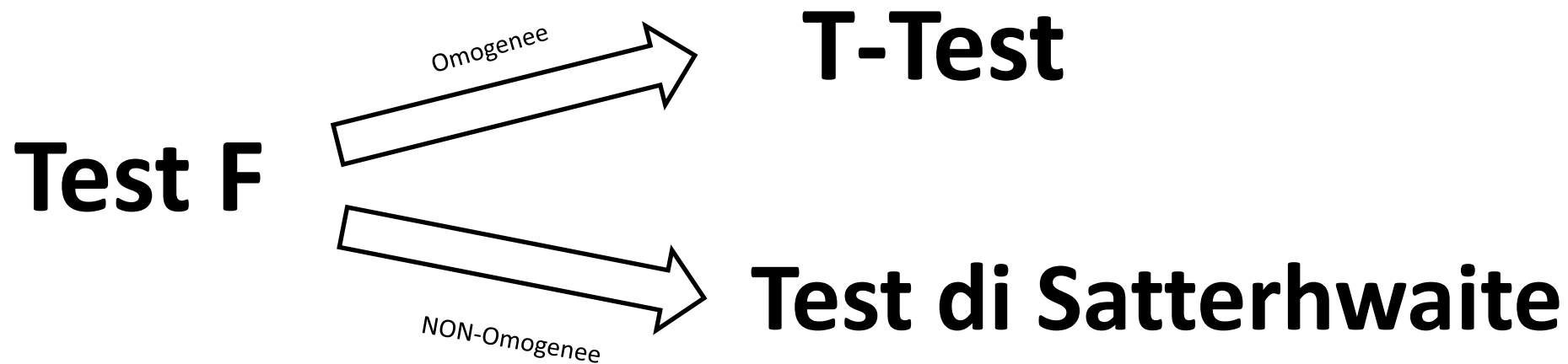
Al fine di avere un'analisi coerente dobbiamo verificare la relazione tra la difettosità con la temperatura di mantenimento e lo spessore della materozza, mantenendo gli altri parametri di produzione inalterati. Questa condizione poteva essere parzialmente rispettata per esigenze produttive e quindi sono state valutate le seguenti tecniche d'indagine per individuare la più efficace e praticabile:



- DOE (Design Of Experiment)
- ANOVA (Analysis Of Variance) ad una via, separatamente per entrambi i parametri
- **Confronto tra due medie di campioni indipendenti con deviazioni standard dei gruppi non note**

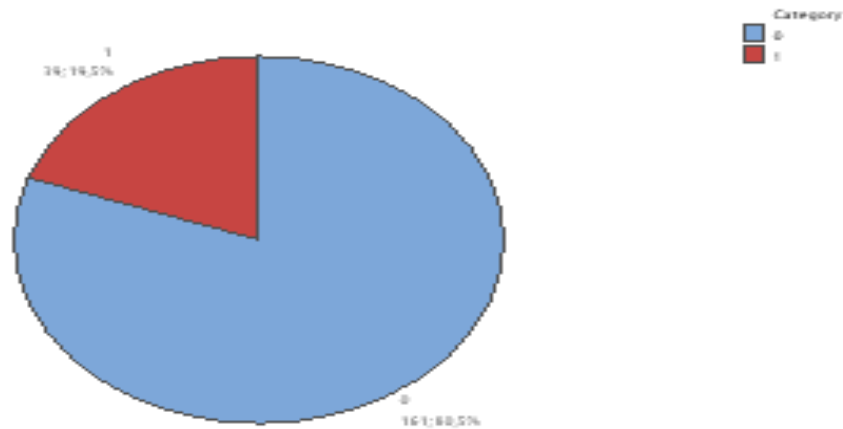
1. Le deviazioni standard dei due gruppi (σ_1 e σ_2) non sono note e devono essere approssimate con le deviazioni standard campionarie (s_1 e s_2)
2. I due gruppi da cui si estraggono i campioni devono avere una distribuzione approssimativamente normale (campioni sufficientemente grandi per applicare il teorema del limite centrale)

Per individuare la procedura corretta dobbiamo valutare l'omogeneità di σ_1 e σ_2 per entrambe le variabili numeriche :



Il set di dati è stato ricodificato ponendo uguale a 1 il pezzo difettoso e uguale a 0 quello senza difetti.

Grafico a torta della variabile DIFETTO

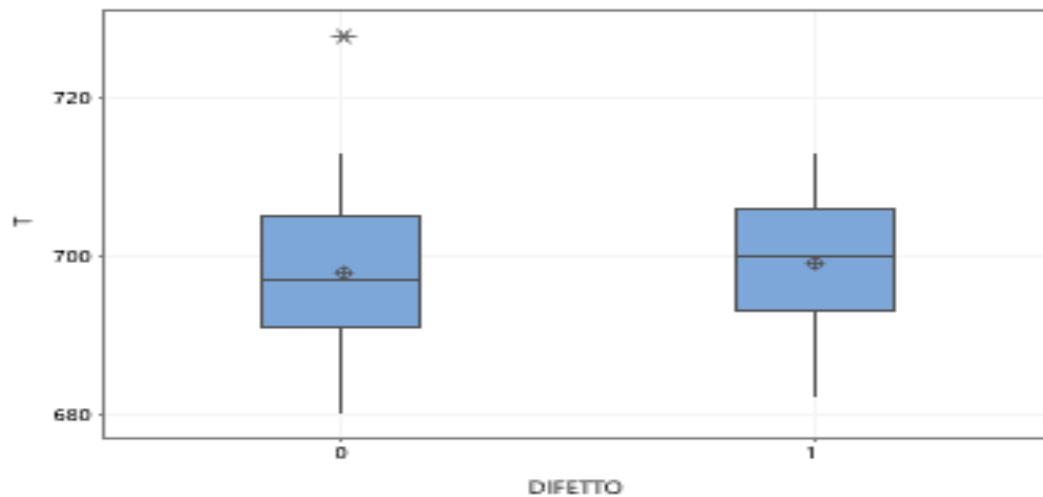


Tally

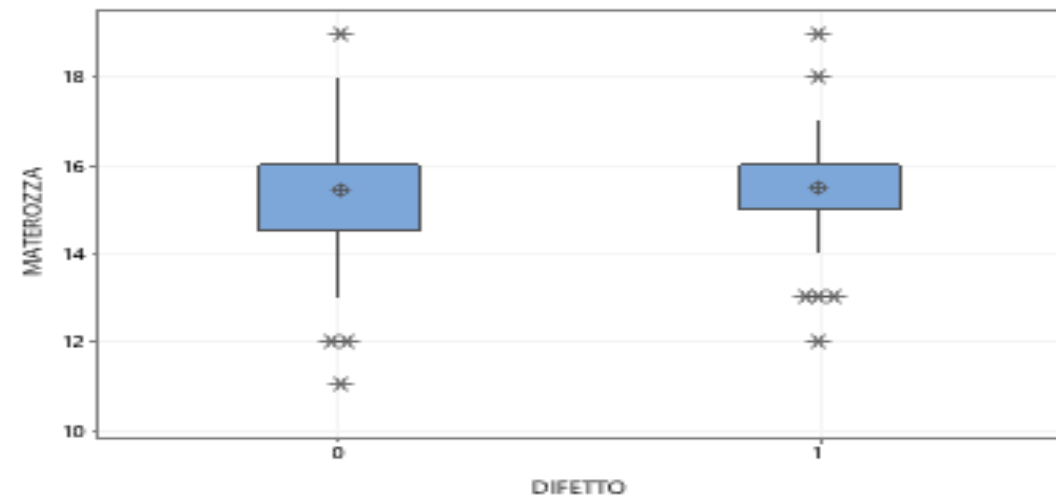
DIFETTO Count Percent

0	161	80,50
1	39	19,50
N=	200	

Boxplot of T



Boxplot of MATEROZZA



Temperatura del forno

σ_1 : Deviazione Standard di T quando
DIFETTO = 0

σ_2 : Deviazione Standard di T quando
DIFETTO = 1

Rapporto: σ_1/σ_2

Il metodo F è stato usato. È valido solo per
delle distribuzioni di dati di tipo normale

Test

Null hypothesis $H_0: \sigma_1 / \sigma_2 = 1$

Alternative hypothesis $H_1: \sigma_1 / \sigma_2 \neq 1$

Significance level $\alpha = 0,05$

Test				
Method	Statistic	DF1	DF2	P-Value
F	1,05	160	38	0,899

Spessore materozza

σ_1 : Deviazione standard di MATEROZZA
quando DIFETTO = 0

σ_2 : Deviazione standard di MATEROZZA
quando DIFETTO = 1

Rapporto: σ_1/σ_2

Il metodo F è stato usato. È valido solo per
delle distribuzioni di dati di tipo normale

Test

Null hypothesis $H_0: \sigma_1 / \sigma_2 = 1$

Alternative hypothesis $H_1: \sigma_1 / \sigma_2 \neq 1$

Significance level $\alpha = 0,05$

Test				
Method	Statistic	DF1	DF2	P-Value
F	0,94	160	38	0,766

Con un livello di confidenza del 95% per entrambi i parametri abbiamo l'omogeneità delle deviazioni standard, essendo il p-value maggiore di 0,05.

Temperatura del forno

μ_1 : Media della popolazione di T
quando DIFETTO = 0

μ_2 : Media della popolazione di T
quando DIFETTO = 1

Differenza: $\mu_1 - \mu_2$

Le varianze sono state assunte uguali
per questa analisi

Test

Null hypothesis $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$

Alternative hypothesis $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$

T-Value	DF	P-Value
-0,61	198	0,545

Spessore materozza

σ_1 : Media della popolazione di MATEROZZA
quando DIFETTO = 0

σ_2 : Media della popolazione di MATEROZZA
quando DIFETTO = 1

Differenza: $\mu_1 - \mu_2$

Le varianze sono state assunte uguali per
questa analisi

Test

Null hypothesis $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$

Alternative hypothesis $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$

T-Value	DF	P-Value
-0,29	198	0,770

Con un livello di confidenza del 95% abbiamo che la media dei due parametri non cambia se il pezzo appartiene al gruppo 1 o al gruppo 0.

Con il risultato finale del T-test possiamo concludere che non sono questi due parametri ad incidere sulla difettosità del pezzo, ma che sono gli altri parametri di produzione che devono essere regolati diversamente.

Il risultato appena ottenuto ci permette di assumere che la variabile DIFETTO abbia una distribuzione di probabilità **binomiale**.

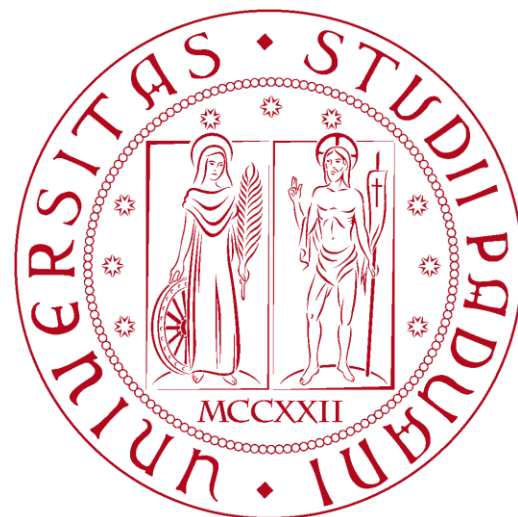
Sfruttando la funzione di calcolo della funzione di distribuzione cumulata inversa del software MINITAB:

Binomiale con $n = 500$ e $p = 0,195$

x	P (X ≤ x)	x	P (X ≤ x)
111	0,941145	112	0,952883

Con una probabilità di poco superiore al 95% possiamo affermare che il numero di componenti difettose su 500, sarà pari o inferiore a 112. Numero certamente troppo alto per una produzione industriale.

Grazie per l'attenzione



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA