"Applicazione di specifiche tecniche DoE per la progettazione di una macchina per il confezionamento di filtri per sigarette"

G.D

Ivan Eusepi Marco Righetti



Di cosa parleremo...

G.D Spa **Packer** I nostri prodotti Cigarette Maker Il filtro della sigaretta Filter Rod Maker Come si produce un filtro Prototipo con molti "Gradi di libertà" Pilot 2-Level Factorial Design Screening fattori significativi Superfici di Risposta - CCD Ottimizzazione dei fattori Valutazione Non Linearità Ma si fanno? Attenzione alla fretta!! DOE Esperimenti di conferma Riduzione tempi di sviluppo Siamo soddisfatti? Esperienza su base scientifica Tempi di risposta Decisioni operative Analisi dei risultati Capacità di valutazione Accettazione del metodo Conclusioni Impatto sull'organizzazione Formazione del personale Ottimizzazione DF10 Prossimi passi DOE in azienda

Collaborazione con università

Chi siamo

DOE e progetto DF10
"Confezionatrice di Filtri"

Chi siamo



G.D SpA

G.D è leader mondiale nelle macchine automatiche per la produzione ed il confezionamento delle sigarette (maker e packer).

Nel 2005 G.D ha registrato un fatturato consolidato di 469 Mln€ con un totale di 2.200 dipendenti, di cui circa 1600 a Bologna





G.D nel mondo

Oltre alla sede di Bologna, altri stabilimenti produttivi sono situati in Germania, Brasile, USA, Indonesia e Giappone

www.gidi.it

Design of Experiments

I nostri prodotti



Una linea completa di macchine per l'industria del tabacco

121P - Cigarette Maker

Il top della gamma raggiunge la velocità di produzione di 20.000 sigarette al minuto:

1 sigaretta completa ogni 3 ms





H1000 - Packer

Il top della gamma raggiunge la velocità di produzione di 1000 pacchetti di sigarette al minuto:

1 pacchetto completo ogni 60 ms



RICERCA E SVILUPPO

G.D investe ogni anno in R&D più del 10% del suo fatturato

Design of Experiments

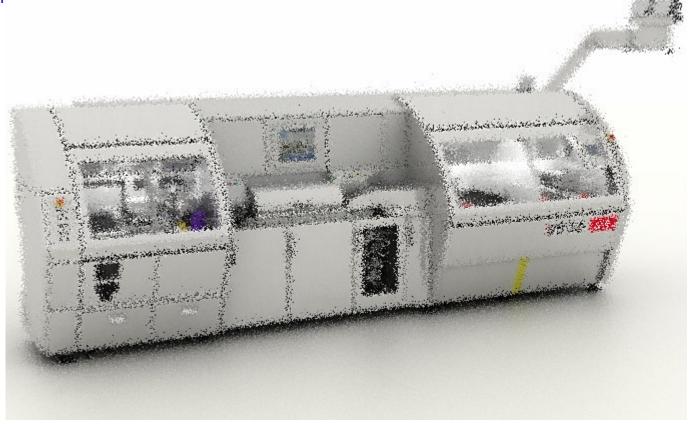
Filter Rod Maker DF10



Macchina confezionatrice di filtri

G.D ha deciso di ampliare la sua offerta di macchine per il mondo del tabacco, entrando nel settore di produzione di macchine per i filtri di sigaretta.

Si avvia così n



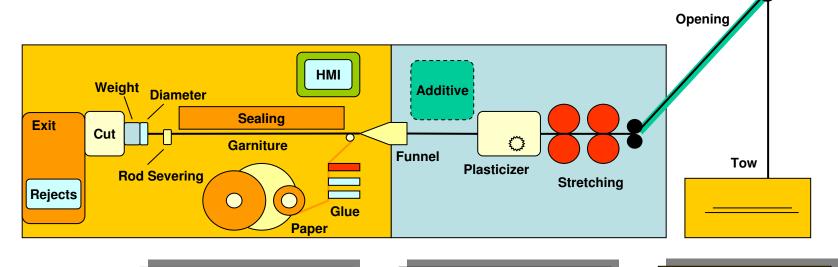
Filter Rod Maker DF10



Macchina confezionatrice di filtri

La nuova macchina presenta molti punti in comune con la Cigarette Maker, MA il processo di





Filter rod maker

Tow Processing Unit

Tow bale

MACCHINE DA FILTRI - STATO DELL'ARTE

Velocità max monobaco 6000 filtri/min
Velocità max baco 600 m/min
Lunghezza filtri 60 - 150 mm
Diametro filtri 6 - 9 mm

G.D CIGARETTE MAKER (121P)

Velocità massima 10000 sigarette/min (per linea)=20000cpm (bibaco)

Velocità max baco 700 m/min Lunghezza sigarette 55 - 90 mm

Diametro sigarette 7 - 9 mm (formati speciali superslim >= 5,5)

Design of Experiments

I. Eusepi - M. Righetti 6

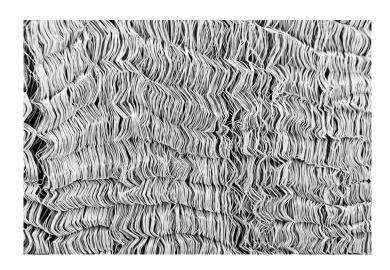
Il filtro delle sigarette



Filtro in acetato di cellulosa

Il 90% dei filtri nel mondo è di acetato di cellulosa

La parte di trattamento del materiale della Filter Maker deve essenzialmente separare i singoli filamenti di cui è composto il nastro di acetato (**tow**), allo scopo di ottenere il massimo effetto filtrante











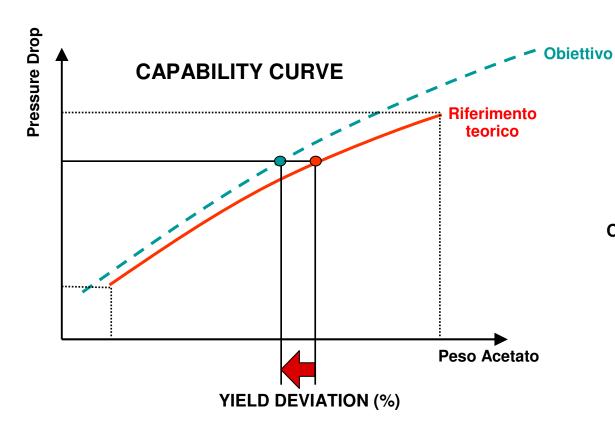
Filter Rod Maker DF10

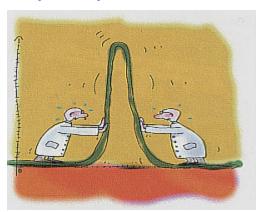


Parametri di qualità della Filter Rod Maker

Obiettivo delle prove è identificare la migliore architettura di macchina per:

- Aumentare la resa del materiale (YIELD)
- Diminuire il coefficiente di variazione della Pressure Drop (CoV)
- Diminuire la produzione di filamenti rotti dispersi nella macchina (**DUST**)





CoV = Deviaz. standard / valore medio [%]



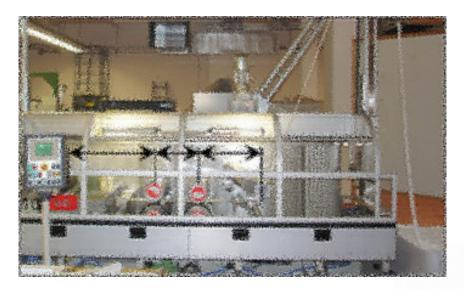
DUST = Filamenti rotti



Prototipo con "molti gradi di libertà"

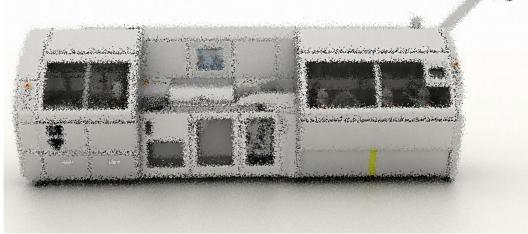


Pilot a geometria variabile



Nel 2004 abbiamo costruito un **Pilot** della parte di trattamento del tow per individuare i parametri di controllo e determinare l'architettura ottimale della macchina

Grazie alle prove (10 sessioni DoE) effettuate sul Pilot nel 2005 e parte del 2006, abbiamo potuto realizzare il primo vero prototipo della macchina completa, con caratteristiche già di una pre-serie



Prototipo con "molti gradi di libertà"



Processo di sviluppo del Pilot

FASE PRELIMINARE:

• Primi test per rendere la macchina stabile e permettere la realizzazione dei futuri DoE

FASE DI SCREENING: identificare i fattori che non sono significativi per il processo

- DoE con molte variabili, ampi intervalli di variazione e modelli semplificati (2FI) per ridurre il numero delle prove (ipotesi di variazione lineare delle risposte)
- Esclusione dei parametri non significativi, ricerca delle relazioni tra i fattori di controllo ed individuazione delle risposte non lineari

E' buona norma NON investire nella fase di screening più del 20 ÷ 30% delle risorse disponibili per l'intero progetto

FASE DI OTTIMIZZAZIONE

- Ottimizzazione dei fattori significativi ed analisi delle risposte lineari e non (CCD Superfici di Risposta)
- Analisi della stabilità delle prestazioni nell'intorno delle regolazioni ottimali

FASE DI VALIDAZIONE

Verifica del comportamento della macchina nella configurazione definita mediante i DoE

Screening fattori significativi



Il primo piano sperimentale: DoE 1

E' possibile ridurre in maniera notevole il numero delle prove: 2-Level Fractional Factorial Design

• si accetta però un certo grado di confusione (aliasing) tra i fattori e/o le interazioni

Ad esempio: si possono esaminare 5 fattori con 16 prove contro le 32 di un piano Full

Numero dei fattori 11 12 13 14 1/2 Numero delle prove Fract. 1/2 1/4 1/16 Full Fract. Fract. Fract. Fract. 1/4 1/8 1/2 1/16 1/32 1/64 1/512 1/1024 Full Fract. 1/4 1/8 1/16 1/32 1/64 1/128 1/256 1/2 1/512 Full Fract. Fract. Fract. Fract. Fract. Fract. Fract. Fract. Fract. 1/2 1/4 1/8 1/16 1/32 1/64 1/128 1/256 Full Fract. Fract. Fract. Fract. Fract. Fract. Fract. Fract. 1/2 1/4 1/8 1/16 1/32 1/64 1/128 Full Fract. Fract. Fract. Fract. Fract. Fract. Fract. 1/2 1/4 1/8 1/16 1/32 1/64 256 Full Fract. Fract. Fract. Fract. Fract. Fract.

Ripetizioni: sono necessarie per valutare la bontà del modello utilizzato per l'analisi delle risposte

Fattori di blocco: nel caso in cui si individuino dei fattori di blocco occorrono prove dedicate per valutarne l'influenza (es.: effetto del materiale utilizzato o dell'operatore che esegue le prove)

Screening fattori significativi



Il primo piano sperimentale: DoE 1

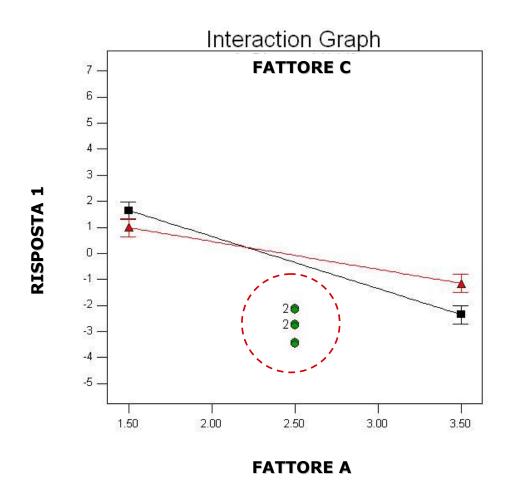
Nel nostro caso siamo partiti con 5 fattori di controllo, 2 fattori di blocco (lotto del materiale ed operatore) e supponendo le risposte lineari.

2 Factorial Level (2FL) 1/2 fractional con 8 repliche del punto centrale per un totale di 24 prove

Screening fattori significativi



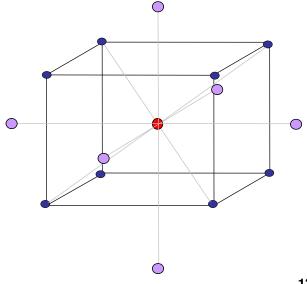
DOE 1: Yield Deviation – Resa del materiale



- Alcuni fattori analizzati non hanno influenza significativa sul fenomeno
- Alcune delle risposte del modello non hanno andamento lineare



L'ottimizzazione deve essere fatta con modelli non lineari (superfici di risposta - CCD)

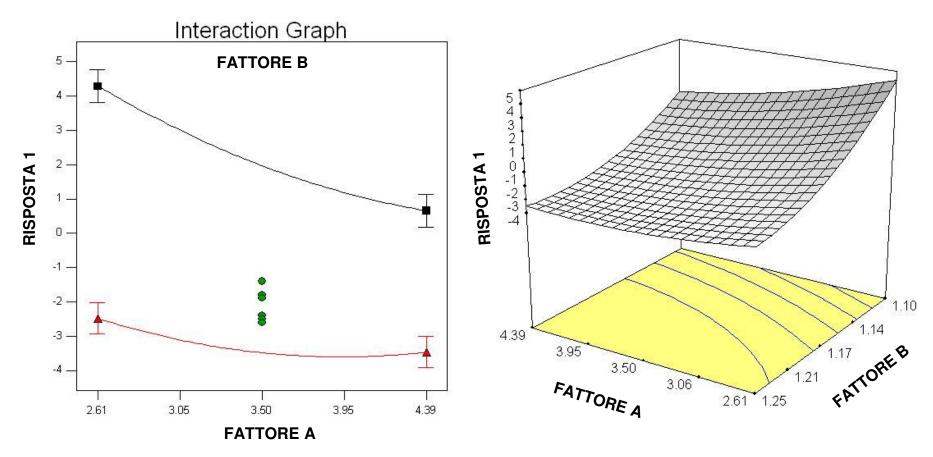


Ottimizzazione dei fattori



DOE 2: superfici di risposta

Nel secondo esperimento DOE2 abbiamo escluso i fattori ininfluenti e per indagare sui comportamenti non lineari delle risposte abbiamo utilizzato un CCD (Central Composite Design)



Siamo soddifatti?



Risultati ottenuti

PUNTO DI PARTENZA: nessuna conoscenza sul trattamento dei materiali

Aspetti positivi:

abbiamo...

- maturato un'esperienza diretta del processo, documentata e basata su un approccio scientifico
- escluso un fattore di controllo ritenuto in passato molto influente sul processo
- verificato l'esistenza di una dipendenza lineare tra due fattori di controllo fino ad ora solo ipotizzata
- compreso su quali parti della macchina occorre agire per aumentare la stabilità del prodotto in termini di qualità

Siamo soddifatti?



Risultati ottenuti

PUNTO DI PARTENZA: nessuna conoscenza sul trattamento dei materiali

Alcune delle difficoltà incontrate nell'utilizzo della metodologia DOE:

- NON è stato semplice valutare la bontà delle prove fatte, ad esempio: valutare l'affidabilità dei modelli utilizzati, fare delle scelte sui fattori e sulle risposte, ecc.
- Divegenze nell'interpretazione dei dati: la progettazione dei passi successivi è stata spesso fonte di discussioni tra chi è più sensibile alla "teoria" e chi ha un'anima "pratica"
- Su un prototipo è difficile eseguire una buona stima dei tempi e dei costi necessari per l'esecuzione delle prove
- A volte l'esecuzione delle prove di verifica è stata rimandata o addirittura omessa per ragioni di tempo e costi

E soprattutto:

alla fine occorre arrivare comunque ad un compromesso tra ottimizzazione e fattori produttivi e commerciali... e questo non è mai facile!!!

Design of Experiments



Considerazioni finali

Il DOE si basa sulla statistica per la progettazione e per l'analisi dei risultati

- Rispetto all'approccio tradizionale è più **efficace** (precisione ed attendibilità delle conclusioni) ed **efficiente** (costo inferiore)
- Grazie all'avvento di **software** dedicati, la progettazione degli esperimenti e la fase di analisi dei dati è molto semplificata rispetto al passato

PER CONTRO

- I suoi principi sono spesso in contrasto con l'intuito comune
- Il fatto che di solito **la fase di analisi dei risultati avviene solo alla fine** dell'intera campagna di prove si scontra con l'impazienza tipica di chi deve prendere decisioni critiche in tempi rapidi: occorre disciplina e fiducia



Considerazioni finali

L'uso del DOE trova essenzialmente un ostacolo nella diffidenza delle persone verso la statistica!

- spesso chi deve prendere **decisioni operative** non è in grado di valutare in prima persona i risultati, per cui si deve "fidare degli esperti" che analizzano i dati
- chi materialmente esegue le prove non riesce a "**fare esperienza**" se non riesce a comprendere come si è giunti a certe conclusioni



anche se razionalmente il DOE è accettato, inconsciamente NON lo è affatto!

Impatto sull'organizzazione aziendale

E' fondamentalmente un **problema culturale** a cui si può rimediare, ma solo parzialmente, con corsi di formazione in azienda o quando possibile con un aumento della professionalità richiesta a chi si deve occupare di Ricerca&Sviluppo o di Qualità



Prossimi passi

Ottimizzazione della macchina DF10

In questo momento stiamo completando i test interni della prima Filter Rod Maker e siamo intenzionati ad utilizzare il DOE per studiarla ed ottimizzarne le prestazioni.

L'obiettivo è di creare un modello che ci permetta di indicare un settaggio ottimale dei parametri della macchina in funzione delle diverse tipologie di filtri e di materiali che incontreremo dai clienti

Introduzione del DOE in azienda

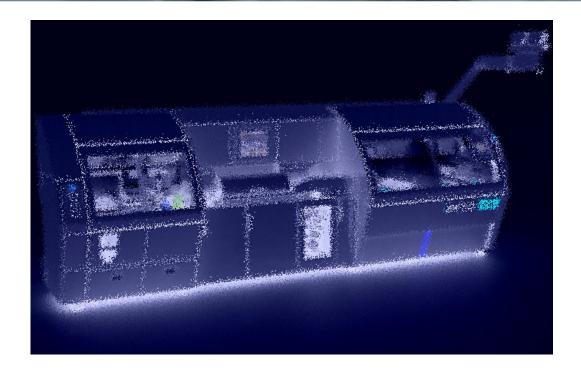
Siamo stati i primi in G.D ad utilizzare questa metodologia e questo ha creato una certa curiosità all'interno dell'azienda... non ci illudiamo, però il seme è gettato!

Università

Finora i contatti con il mondo universitario si sono limitati ad alcune attività formative presso G.D5 Abbiamo comunque intenzione di intensificare i rapporti, attivando una vera e propria collaborazione in vista dei test che condurremo con metodologia DOE sul prototipo finale della DF10



"Applicazione di specifiche tecniche DoE per la progettazione di una macchina per il confezionamento di filtri per sigarette"







Ivan Eusepi Marco Righetti