

Documentazione Fluitec No. 11.101 Rev. 1

## Miscelatore - Scambiatore di Calore Reattore CSE-XR®

L'accoppiamento di elementi miscelanti con scambiatori di calore multitubo rende ora possibili importanti operazioni, quali la miscelazione ed il trasferimento di calore e di massa anche per liquidi di alta viscosità. L'eccellente capacità di trasferimento di calore e l'alta efficienza di miscelazione del CSE-XR consentono delicate trasformazioni anche in regime di flusso laminare.

### CSE-XR: la generazione del futuro

Il nuovo Miscelatore/Scambiatore di Calore, o Reattore, CSE-XR offre economiche soluzioni nelle reazioni chimiche e nei processi di polimerizzazione.

Adottando elementi studiati "ad hoc" (Fig. 1), l'effetto miscelante perfettamente definito nelle sezioni trasversali e l'ampia superficie di scambio rendono il CSE-XR adatto a reazioni chimiche fortemente esotermiche ed endotermiche, nonché per l'accurato controllo e l'uniforme distribuzione della temperatura in tutte le condizioni di flusso.

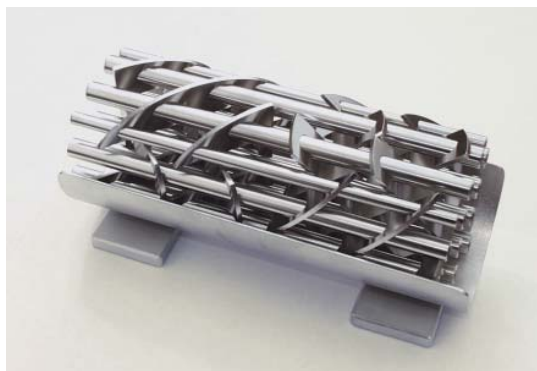


Fig. 1: il nuovo Miscelatore/ Scambiatore CSE-XR

### Una combinazione perfetta

L'elevata efficienza di miscelazione è caratteristica fondamentale degli elementi convenzionali CSE-XR. Aumentando però il diametro dei tubi, gli elementi CSE-XR hanno efficienza limitata in scambiatori monotubo. In diametri maggiori di DN 80, il coefficiente di trasferimento di calore  $\alpha$  è inversamente proporzionale al diametro  $D$ :

$$\text{Eq. 1: } \alpha_i = \frac{Nu \cdot \lambda}{D}$$

Per compensare la diminuita efficienza di trasferimento di calore è necessaria una superficie di

aggiuntiva, con aumento di costi di investimento e di esercizio. Questo problema trova soluzione con l'inserimento di tubi scambiatori aggiuntivi all'interno dell'apparecchiatura esistente. Da qui la novità: i tubi interni attraversano gli elementi miscelanti e, grazie all'elevata efficienza di miscelazione, consentono uno scambio termico pari ai tubi esterni. La superficie aggiuntiva così ottenuta e l'alto numero di Nusselt che si raggiunge nel CSE-XR consente un elevato trasferimento di calore in funzione del volume. La Fig. 2 evidenzia le prestazioni del CSE-XR a confronto con le apparecchiature tradizionali e la sua superiorità particolarmente per applicazioni su larga scala

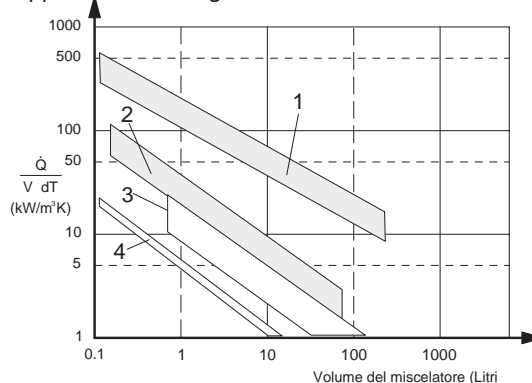


Fig. 2: Trasferimento di calore in funzione del volume del reattore

- 1 Miscelatore/Scambiatore Fluitec CSE-XR
- 2 Scambiatore di calore monotubo equipaggiato con miscelatore statico
- 3 Sebatoio corrugato
- 4 Scambiatore monotubo senza miscelatore statico

Per garantire alta efficienza di miscelazione, il miscelatore CSE-XR è costruito con elevato rapporto lunghezza su diametro. Si possono raggiungere condizioni di esercizio con pressioni fino a valori di 5000 psi (PN 400) e temperature di 600°F (315 °C).

Documentazione Fluitec No. 11.102 Rev. 1

## Miscelatori statici per flussi laminari **CSE-X<sup>®</sup>, CSE-X/4<sup>®</sup>**

Il miscelatore Fluitec CSE-X<sup>®</sup> viene impiegato per le applicazioni con le esigenze più elevate. La modesta perdita di carico e l'alta efficienza di miscelazione aprono a questi apparecchi un vasto campo di applicazioni. Il miscelatore Fluitec è brillantemente utilizzato in reazioni in due fasi quali la gassificazione, sia per l'efficace controllo della distribuzione del tempo di residenza, sia per la perfetta miscelazione di due liquidi con densità di grande differenza.

### Miscelatori CSE-X

Gli elementi miscelanti rigidi CSE-X sono costituiti da barre saldate a croce compenstrate le une nelle altre. Ogni sezione è ruotata assialmente di 90° rispetto alla precedente. Le condizioni di processo e le dimensioni definiscono il numero di barre di tali elementi. I miscelatori standard sono costituiti da 4, 6, 8 barre.



Fig. 1: Miscelatori per polimeri CSE-X/8 DN400/PN320

### Miscelatori CSE-X/4 di piccole dimensioni.

I miscelatori CSE-X con elevato numero di barre richiedono un maggior numero di saldature e quindi un processo produttivo più costoso. La Fluitec ha analizzato questo problema con numerose prove sperimentali, impiegando miscelatori con differente numero di barre. I risultati evidenziano che l'efficienza di miscelazione per piccole dimensioni è largamente indipendente da tale numero. Grazie a ciò la perdita di carico può essere ridotta del 35% a parità di diametro. Inoltre la Fluitec ha messo a punto un processo produttivo per elementi di piccole dimensioni, con significative riduzioni di costi. Questi elementi standard CSE-X/4-G, per diametri inferiori a 2" sono costruiti in acciaio inox.



Fig. 2: Elementi standard di miscelatori serie CSE-X/4

### Efficienza dei Miscelatori CSE-X/4

La qualità di miscelazione, in condizioni di flusso laminare, dipende principalmente dal rapporto tra le portate di due liquidi solubili. La Fluitec ha adottato e collaudato, con molte verifiche, un software che analizza l'effetto addizionale della viscosità, degli sforzi "shear", del tempo di permanenza e del numero di Froude. Dettagliati dati di base per i relativi calcoli sono descritti nella documentazione "Pressure drop and Mixing Efficiency in Static Mixers".

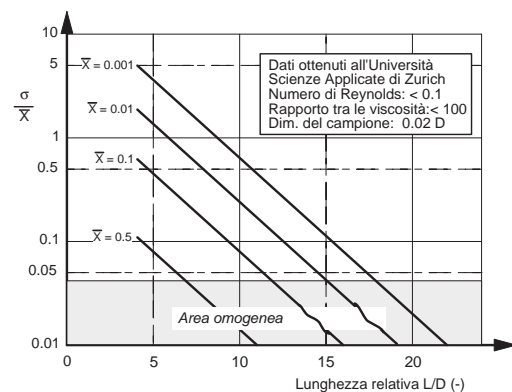


Fig. 3: Efficienza di miscelazione in condizioni di flusso laminare

### Perdita di carico dei miscelatori CSE-X

La lunghezza relativa  $L/D$  ed il numero  $NeRe$  (Newton Reynolds) vengono normalmente usati per paragonare le perdite di carico dei miscelatori statici. Le determinazioni vengono effettuate con miscelatori di pari diametro a qualità di miscelazione costante, con coefficiente di variazione pari a 0,01. La perdita di carico è così definita:

Num. perdita di carico = num. di  $NeRe$  x lunghezza relativa (per diametro e qualità di miscelazione definiti).

### Comparazione tra miscelatori CSE-X

Miscelatore CSE-X/4 con 4 barre  
Lunghezza relativa  $L/D = 19$ ,  $NeRe = c.ca 750$   
Num. perdita di carico =  $19 \times 750 = 14'250$

Miscelatore CSE-X/4 con 4 barre  
Lunghezza relativa  $L/D = 17$ ,  $NeRe = c.ca 1200$   
Num. perdita di carico =  $17 \times 1200 = 20'400$

Per un'efficienza di miscelazione comparabile, il miscelatore CSE-X/4 con 4 barre richiede solo 2 elementi miscelanti in più rispetto al CSE-X/8 con 8 barre. Però il CSE-X/4 provoca una perdita di carico inferiore del 35%, con una significativa riduzione dei consumi. Per questa ragione la Fluitec si è specializzata nei miscelatori CSE-X/4 per piccoli diametri. A richiesta si possono fornire diametri maggiori con 6, 8, 12 o 18 barre.



Fig. 4: Miscelatore CSE-X/4 per applicazioni nella industria alimentare (elettropuliti)

### Distribuzione del tempo di residenza nei miscelatori CSE-X/4

L'elevata efficienza di miscelazione con lunghezze contenute, è caratteristica tipica dei miscelatori CSE-X. Numerose prove hanno dimostrato che la distribuzione molto stretta del tempo di residenza genera un quasi ideale "plug-flow" (Fig. 5), caratteristica fondamentale in processi auto-pulenti nella industria alimentare e farmaceutic. Impulsi Dirac di coloranti visualizzano l'eccellente efficienza di auto-pulitura degli elementi CSE-X, mentre, in un tubo vuoto, una zona colorata permane a lungo vicino alle pareti long time. Le prove di cui alle Figg. 5 e 6 sono state condotte con sciroppo di glucosio di viscosità da 10 Pa s a 40 Pa s.

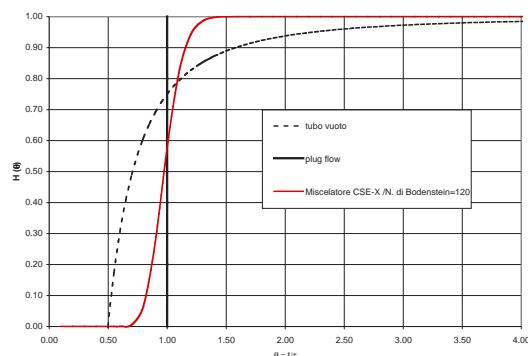


Fig. 5: Distribuzione del tempo di residenza in un miscelatore CSE-X

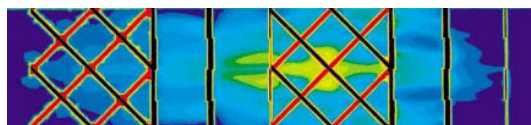


Fig. 6: Calcoli ad elementi finiti (Miscelatore CSE-X/4)

### Miscelatori / Scambiatori di calore

L'abbinamento di elementi miscelanti statici con scambiatori di calore tipo multitubo rende ora possibile la miscelazione, il trasferimento di calore e di massa in reazioni chimiche anche con liquidi di alta viscosità. L'eccellente capacità di trasferimento di calore e l'alta efficienza di miscelazione del CSE-XR, consentono delicate trasformazioni anche in regime di flusso laminare. Il nuovo Miscelatore/Scambiatore di Calore, o Reattore, CSE-XR apre economiche soluzioni nei processi chimici e di polimerizzazione. L'impiego di elementi miscelanti progettati "ad hoc", l'effetto miscelante perfettamente definito nelle sezioni trasversali e l'ampia superficie di scambio rendono il CSE-XR adatto anche per reazioni fortemente eso- ed endotermiche, nonché per l'accurato controllo e l'uniforme distribuzione delle temperature.



Fig. 7: Miscelatore / Scambiatore di Calore CSE-XR

Documentazione Fluitec No. 11.110 Rev. 1

## Miscelatori statici per moto turbolento

# Costruiti in acciaio inossidabile

I miscelatori in acciaio inox sono impiegati in tutte le aree coperte dall'ingegneria dei processi chimici. I differenti progetti consentono l'impiego di miscelatori statici in un vasto campo di applicazioni, inclusa

è l'economica soluzione per la miscelazione in regime di moto turbolento ( $Re > 10.0056,450$ ). Il materiale standard per tutti i miscelatori Fluitec è l'acciaio inox, 304L, 316 Ti e 316 L.

### Il miscelatore Fluitec CSE-B

Il miscelatore CSE-B tipo "T" è esclusivamente usato per flussi turbolenti con N. di Reynolds  $> 2400$ . La speciale geometria del tipo "T" induce forti vortici a basse perdite di carico. Può quindi essere impiegato in tutte le applicazioni con miscelazioni turbolente. Viene invece utilizzato il collaudato miscelatore CSE per diametri inferiori a DN 65.

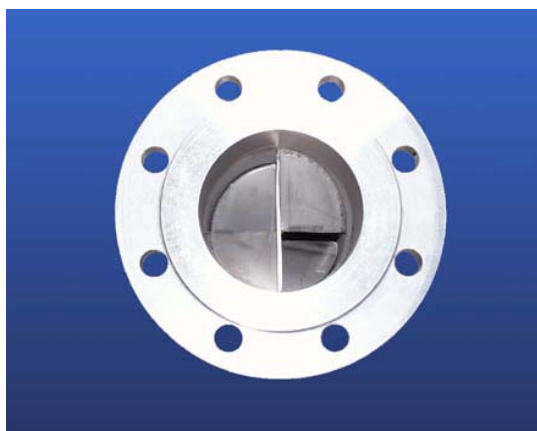


Fig. 1: Vista frontale del miscelatore CSE-B

### Campi di applicazione del miscelatore CSE-B

Il miscelatore CSE-B tipo "T" è particolarmente adatto alla miscelazione in continuo di soluzioni acquose. Il rapporto di portata tra additivo e flusso principale può raggiungere il valore di  $1:10^6$ . Si sono realizzati con successo processi di miscelazione tra due liquidi con rapporto tra le viscosità pari a  $1:600$  con il miscelatore CSE-B, la cui esclusiva geometria ne garantisce l'affidabilità in differenti applicazioni:

- miscelazione di additivi in flusso turbolento
- miscelazione di gas
- dispersioni di insolubili a bassa viscosità

### Caratteristiche costruttive

Le flange standard dei miscelatori Fluitec CSE-B sono in accordo a DIN 2633 PN16 (impianti chimici) e DIN 2501 PN10 (Impianti di trattamento acqua). La certificazione è secondo EN 10204 -3.1B, sono fornibili, a richiesta, certificati di prova e dei materiali come è normalmente possibile la marcatura CE. A richiesta, sono realizzabili unità removibili, per quanto i miscelatori tipo "T" siano stati progettati come unità fisse.

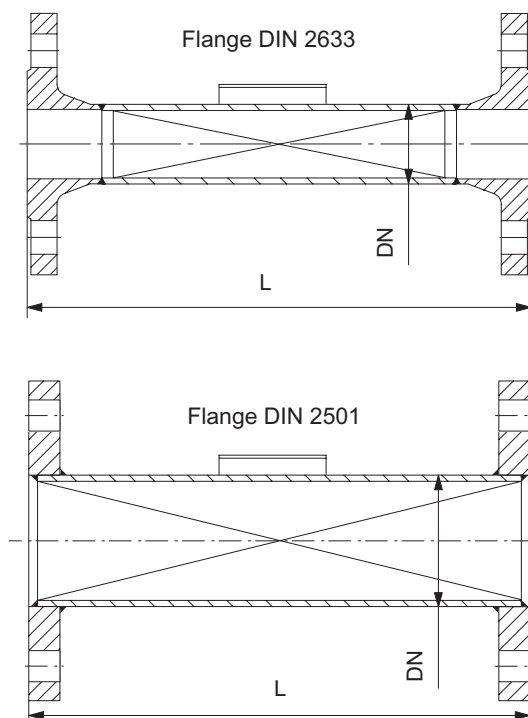


Fig. 2: Miscelatore standard CSE-B



A richiesta i miscelatori possono essere costruiti hastelloy, titanio, acciaio rivestito in PTFE, vetro, ceramica, materiali plastici quali PP, PVC, PE PVDF.

#### Miscelatori CSE-F a basso costo

I moduli miscelanti removibili Fluitec vengono utilizzati per un numero sempre crescente di miscele turbolente. Il miscelatore CSE-F ha un prezzo accettabile e può essere integrato in tubazioni esistenti. La bassa perdita di carico e l'alta efficienza è caratteristica precipua del miscelatore CSE-F. Questo miscelatore può essere fornito con o senza alimentazione integrata. Non sono necessari collaudi in pressione o certificati di costruzione, dal che scaturisce il basso costo di fabbricazione del CSE-F anche per applicazioni nell'industria chimica. Questo miscelatore brevettato è stato testato dettagliatamente all'Università di Zurigo di Scienze applicate, ZHW.



Fig. 3: Miscelatore Fluitec CSE-F

#### Miscelatore Fluitec CSE-W

Il miscelatore elicoidale Fluitec CSE-W è impiegato per piccoli diametri. Per il suo rapporto L/D, il miscelatore CSE-W è particolarmente adatto per

applicazioni con scambiatori di calore e reattori a tempo di permanenza. Non è adatto per operazioni complesse o difficili in sofisticati processi di miscelazione.



Fig. 4: Fluitec mixer CSE-W

#### Miscelatore Fluitec CSE-X/4

Il miscelatore Fluitec CSE-X/4 viene adottato per le applicazioni più sofisticate. Paragonato agli altri miscelatori di tipo "X", il CSE-X/4 provoca una perdita di carico molto inferiore a parità di efficienza. Grazie a questa caratteristica esclusiva, il CSE-X/4 è impiegato in una vasta gamma di applicazioni, dalla gassificazione alle reazioni che richiedono una stretta distribuzione del tempo di residenza, alla miscelazione di liquidi di viscosità molto differenti.



Fig. 5: Miscelatore Fluitec CSE-X

#### Geometria dei miscelatori

L'ampia gamma di miscelatori statici CSE ne consente l'impiego per ogni tipologia di applicazioni. In condizioni di moto turbolento il miscelatore CSE/CSE tipo "T" offre la più elevata efficienza in rapporto alla sua lunghezza.

Il modulo removibile CSE-F è la soluzione economica per molte semplici applicazioni, mentre il miscelatore CSE-X è in grado di svolgere compiti difficili, quali la miscelazione di due liquidi di viscosità molto differenti in regime di moto laminare.



Fig. 3: Miscelatore/scambiatore di calore CSE-XR  
CSE-XR 10 " /5000 psi (DN250 / PN400)

### Distribuzione del tempo di residenza in un Reattore CSE-XR

Particolarmente importante in termini di sicurezza, costi di investimento e di esercizio, è l'alta efficienza miscelante del Reattore CSE-XR, che permette la costruzione di scambiatori di minor dimensione. Inoltre, numerose ricerche hanno portato alla conclusione che il CSE-XR ha una distribuzione del tempo di residenza molto stretta. Ciò costituisce notevole vantaggio per delicate reazioni, quali la polimerizzazione. La Fig. 4 rappresenta la distribuzione del tempo di residenza in un tubo vuoto ed in un Reattore CSE-XR, indicando il quasi perfetto raggiungimento del "plug flow". Ciò è anche vantaggioso nei processi auto-pulenti. Un Diracpulse delta di coloranti ha permesso di visualizzare l'eccellente efficienza auto-pulente del Reattore CSE-XR, mentre nel tubo vuoto rimaneva per lungo tempo una zona colorata alla periferia. Le prove sono state effettuate con sciroppo di glucosio con viscosità da 10 Pa s a 100 Pa s.

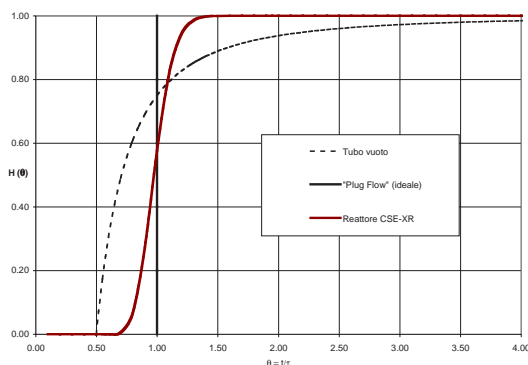


Fig. 4: Distribuzione del tempo di residenza nel Reattore CSE-XR

### Caratteristiche

Le caratteristiche costruttive del nuovo Miscelatore-

Scambiatore di Calore CSE-XR può essere descritto come segue:

- il Miscelatore/Scambiatore di Calore è removibile come unità singola.
- la pulitura e la disinfezione delle superfici è riproducibile e controllabile.
- la sezione trasversale alla direzione del flusso è geometricamente costante, garantendo bassa disuniformità e stretta distribuzione del tempo di residenza.
- l'elevato rendimento del CSE-XR, lo rende particolarmente adatto all'impiego con fluidi ad alta viscosità e sensibilità alla temperatura.



FLUENT 6.0 (3d, segregated, spe2, lam)

Fig. 5: Calcolo per elementi finiti (flusso laminare)

### Campi di applicazione

Il CSE-XR costituisce un nuovo standard nei processi di miscelazione e nelle reazioni. Soddisfa le più rigorose esigenze degli utilizzatori:

- in reazioni esotermiche di fluidi ad alta viscosità come le polimerizzazioni, dove è molto importante il trasferimento di calore, ma anche l'alta efficienza di miscelazione e la stretta distribuzione del tempo di residenza
- per equilibrare le temperature in fluidi di bassa viscosità soggetti a reazioni rapidamente e fortemente eso- od endotermiche.
- come reattore "plug flow" o "loop" in processi chimici chiave, spesso coperti da assoluta segretezza.
- come reattore continuo in applicazioni che richiedono una stretta distribuzione del tempo di residenza.

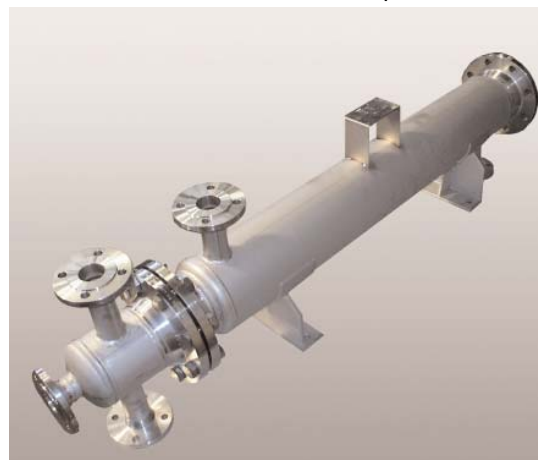


Fig. 6: Scambiatore CSE-XR /Progetto B2

Technical Documentation No. 11.124 Rev. 2

## Static mixers for extrusion **CSE-X(G) Melt Mixer**

Extrudates of high quality imply melts of a very homogeneous temperature profile. A product of high quality is also characterised by a homogeneous distribution of additives such as flame proofing agents, UV stabilizers and colorants. This goal can be met best by applying CSE-X mixers with the well-known high mixing performance. As a result, significant economies are possible for example due to the lower amounts of colorants or other additives.

### Problems caused by inhomogeneities

In order to meet the increasing quality requirements of plastics, the homogeneity of the melts must be strictly controlled already in the production process. Problems such as dimension deviation, distortion, inhomogeneous colour or structure of the surface often have their origin in an inhomogeneous polymer melt leaving the extruder. Therefore, appropriate measures must be taken to eliminate these inhomogeneities.



Fig. 1 CSE-X Melt mixers (welded)

### Distribution of colorants

Screw pumps rapidly reach their limits by mixing colorants into polymer melts. Schlieren and stains are typical after effects, which often only can be eliminated by increasing amounts colorants. This, however, is changing the physical properties and often increasing the production costs significantly. The CSE-X mixer is capable to cope with this problem. The unrivalled mixing performance oftentimes allows a reduced dosage of colorants of more than 20% at the same quality.



Fig. 2 Brazed, gap-free CSE-X/8 75 element Static mixer are used in many engineering processes where heat and mass transfer operations are involved.

### Inhomogeneous temperature profile

Extruding machines first have to pump and to melt the solid resins. Homogenizing of the polymer melt and building-up the pressure are the steps followed. These numerous and multifunctional demands often stay in contrast to the required high mixing performance. In addition, the wide range of flow rates makes the mixing process even more difficult. The inhomogeneous temperature profile, as a function of the screw-type and the extrusion performance, leads to significant fluctuations in quality, which often only can be eliminated by using CSE-X mixing elements.



**The solution**

Fluitec melt mixers type CSE-X are situated between the extruder (screw pump) and the die. Fluitec mixers can be delivered as complete units including housing, heating band, temperature sensors and fittings defined by the customer. CSE-X mixers are dedicated for almost all thermoplastics. For plastics, which are sensitive to thermal decomposition, however brazed elements should be preferred.



← **Flow direction**

Fig. 3 Mixing performance of CSE-X and CSE

The short face-to-face length of the Fluitec melt mixers are characteristic, thus allowing the uncomplicated retrofitting of existing plants. Especially old extruders can be easily graded-up. The CSE-X melt mixer ensures an improved and more regular flow in the die. Narrower tolerances and a wider range of applications are of additional advantage. Maintenance and operating costs are almost zero, due to the lack of moving parts.



Fig. 4 mikromakro® meltblender 185

**Advantages using CSE-X mixers**

- homogenised temperature profile
- narrow tolerances of the extrudate

- narrow tolerances of the extrudate
- reduced defective goods, saving of raw material
- improved surfaces
- controlled dyeing
- constant production
- improved productivity of up to 20%



Fig. 5 CSE Mixer for PVC-melt

**Application**

- for plates
- for profiles
- for tubes
- for flat and blown films
- for foamed products
- to compound



Fig. 6 CSE-X 90 melt blender with housing

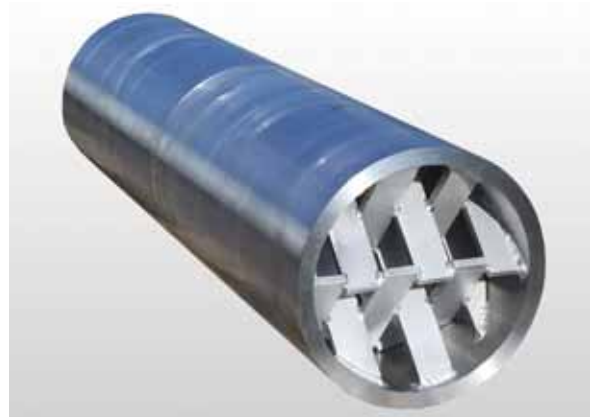


Fig. 7 Melt mixer DN 250 for PS-foams