

02 - 12.0
11.16.CZ

Přehled chlazení páry



Chlazení páry

V energetických procesech se pára využívá jako nosič mechanické práce (turbíny) nebo jako teplotná látka (výměníky). Každý z těchto procesů vyžaduje pro dosažení vyšší účinnosti páru o specifických parametrech. Zatímco pro točivé stroje je zapotřebí pára s vysokým stupněm přehřátí, pro výměníky tepla je zapotřebí pára blízká se bodu nasycení. K této přeměně přehřáté páry na páru požadovaných parametrů je zapotřebí páru chladit pomocí vstřikování vody. Tento zdánlivě jednoduchý proces je poměrně složitý, jelikož vede k dočasněmu dvofázovému proudění a vyžaduje specifický přístup dle konkrétních parametrů.

System chlazení

V současné době se používá dvou základních systémů rozprašování vstřikované vody. Jedná se o mechanické rozprašování nebo rozprašování pomocí kinetické energie páry.

Mechanické rozprašování můžeme dále dělit na trysky s proměnnou plochou nebo trysky s fixní geometrií. Při použití kinetické energie páry se většinou jedná o Lavalovu trysku, u které je použita k rozprášení externě přivedená atomizační pára, nebo se využívá kinetické energie chlazené páry, která je urychlena ve zúženém hrdle chladiče.

Každý z těchto systémů má své opodstatnění v závislosti na požadovaných parametrech chlazení procesy.

Vliv jednotlivých parametrů na účinnost chlazení

Rychlost páry: při vyšších rychlostech páry je dosaženo lepší atomizace (rozpadu) vstřikované vody, čímž se navýší teplosměnná plocha mezi parou a vodou. Přenos tepla je rovněž pozitivně ovlivněn větším gradientem rychlostí a lepším rozvířením vody. Nevýhodou vyšších rychlostí jsou nároky na delší rovný úsek parního potrubí a větší vzdálenost čidla teploty za místem vstřikování.

Teplota vstřikované vody: voda o vyšší teplotě má nižší povrchové napětí čímž dochází ke snazšímu rozpadu vody, zároveň je i zkrácen čas ohřevu vody na teplotu sytosti. Teplota vstřikované vody musí být ovšem minimálně o 5°C nižší jak teplota sytosti z důvodu snížení rizika flashingu ve vstřikovém ventilu nebo trysce.

Teplota páry po chlazení: výhodou vyšší teploty páry po chlazení je vyšší rozdíl mezi požadovanou teplotou páry a teplotou varu vstřikované vody.

Tlakový spád na trysce: při vyšším tlakovém spádu dochází k jemnějšímu rozprášení vody a tím nárůstu teplosměnné plochy. Nevýhodou je větší riziko poškození trysky.

Rozměr parovodu: při menších dimenzích parovodu hrozí riziko dopadu kapiček vstřikované vody na stěnu parovodu a tím snížení účinnosti chlazení. Dopadající kapičky vody také negativně ovlivňují životnost parovodu, proto je doporučeno použít v místě vstřiku silnostěnný parovod případně vnitřní ochranou trubku (košilkou).

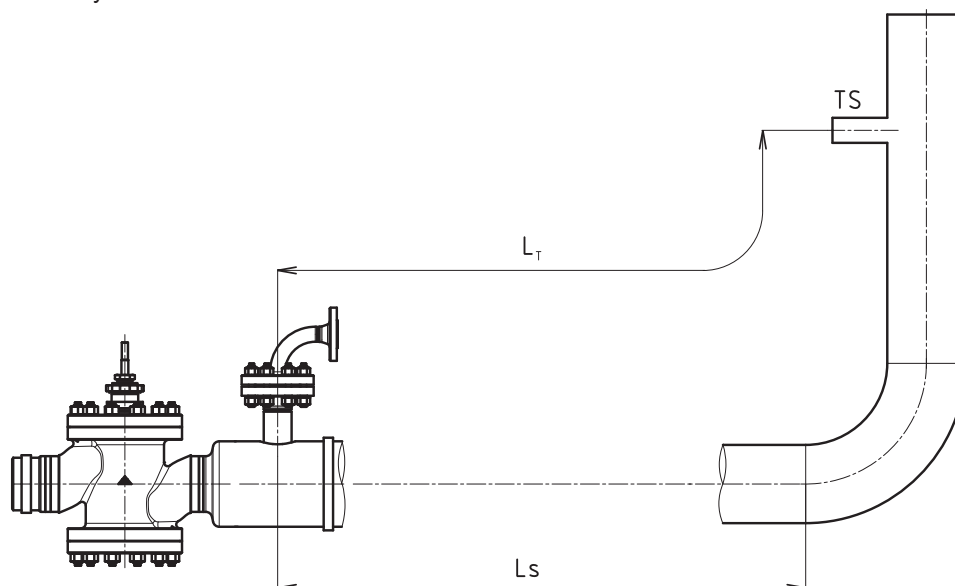
Měření teploty

V závislosti na výše uvedeném musí být vhodně navrženo výstupní potrubí a umístění čidla měření teploty. Je doporučeno čidlo teploty umístit až za ohyb parovodu v minimální vzdálenosti 10 m od místa vstřikování, konkrétní vzdálenost musí být navržena s ohledem na veškeré parametry chlazení. Při teplotě výstupní páry vyšší než 30°C nad teplotou sytosti lze použít zjednodušený výpočet pouze na základě rychlosti výstupní páry.

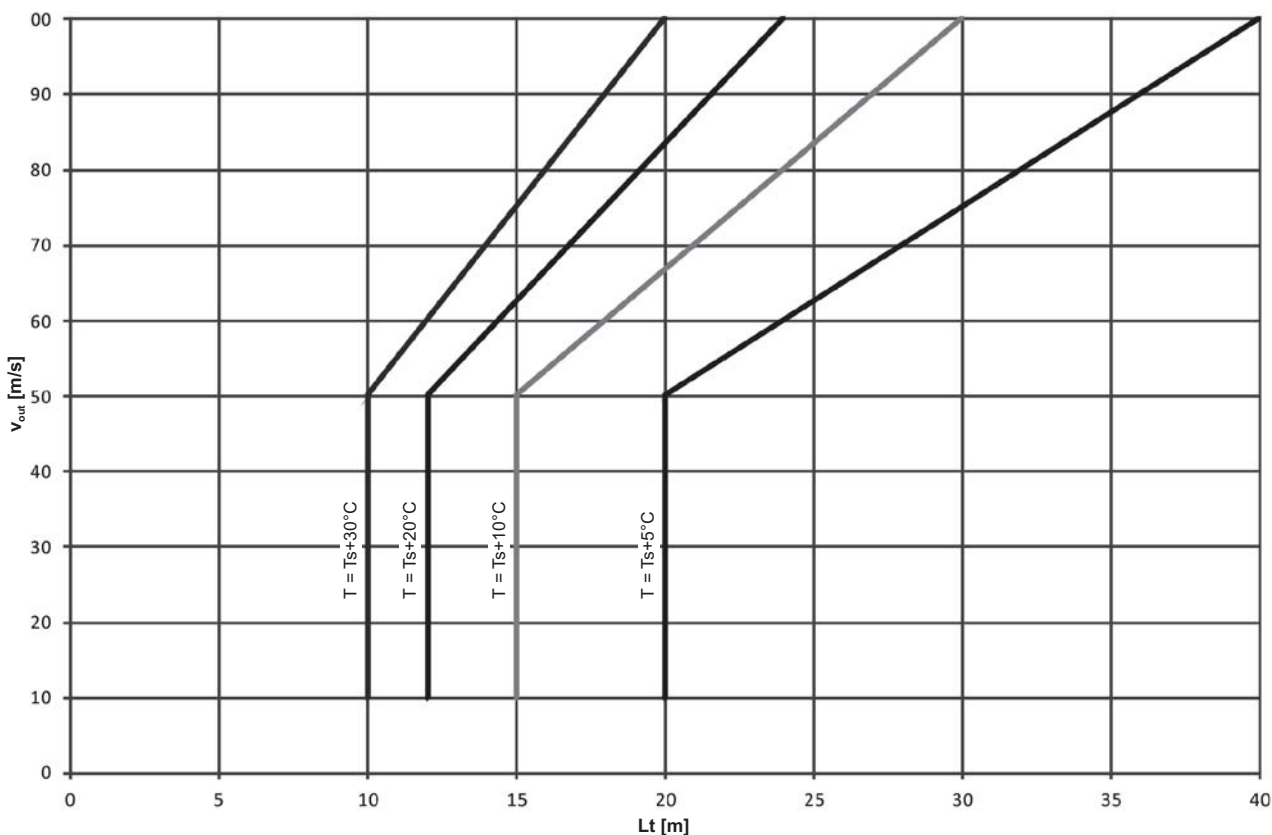
$$L_T = v_{OUT} \cdot t$$

$$L_S = \frac{L_T}{2}$$

L_T [m]	požadovaná minimální vzdálenost čidla teploty od místa vstřikování
L_S [m]	požadovaná minimální délka přímého úseku za místem vstřikování
v_{OUT} [m/s]	rychlost výstupní páry
t [s]	čas odpaření (při $T \geq T_s + 30^\circ\text{C}$ je $t = 0,2$ s)
T [°C]	výstupní teplota páry
T_s [°C]	teplota sytosti



Graf vzdálenosti čidla teploty od místa vstřiku při teplotách blízkých se k teplotě sytosti



Chlazení blízké teplotě sytosti je velice problematické, jelikož zde téměř vždy vzniká dvoufázové proudění páry a vody tudíž většina vstřikované vody zůstává neodpařená. Částičky neodpařené vody pak negativně ovlivňují přesnost měření dopadem na čidlo teploty což může mít za následek zaplavení nebo naopak přehřívání parovodu. V případě chlazení na

teplotu blízkou teplotě sytosti je nutné řídit vstřikované množství na základě bilančního výpočtu s dostatečně velkým přestřikem dosahujícím 30%. Toto řešení se většinou uplatňuje u By-pass stanic, kde je výstup zaústěn do kondenzátoru u kterého neodpařená část vody nemá negativní vliv na funkci kondenzátoru.

Zařízení pro chlazení páry vyráběné firmou LDM spol. s r.o.

Typ	Vstříkované množství		Rozměr parovodu		Minimální požadovaná rychlost páry [m/s]	Tlakový spád trysky	
	Min. [kg/h]	Max. [kg/h]	Min.	Max.		Min. [bar]	Max. [bar]
VH	500 ^{*)}	9500 ^{*)}	DN150	-	8	2	15
VHF	5 ^{*)}	1680 ^{*)}	DN80	-	8	1	70
VHP	0	5500	DN150	-	3	0	15
CHR	500 ^{*)}	9500 ^{*)}	DN200	DN600	6	2	15
CHPF	5 ^{*)}	1680 ^{*)}	DN40	DN200	8	1	70
CHPE	0	dle DN	DN40	DN200	10	0	15

*) množství / tryska

VH

Vstříkovací hlava je osazena jednou až třemi tryskami s variabilní plochou pracujícími na mechanickém způsobu rozprašování. Při vstříkování dochází ke změně průtočné plochy v závislosti na vstříkovaném množství. Použité konstrukční řešení vede k nárůstu výkonového rozsahu při zachování potřebné kvality rozprašení vstříkové vody i při minimálních výkonech.

VH parametry

1 až 3 trysky

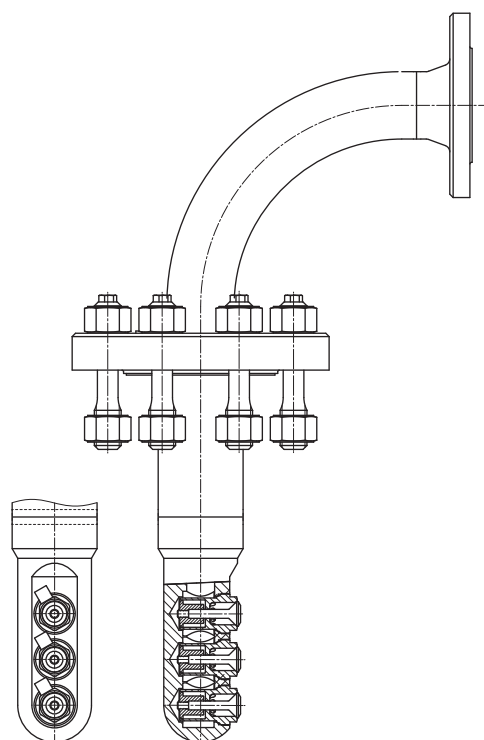
Q_{vody}: 0,5 – 9,5 t/h /tryska

min. rozměr parovodu: DN 150

min. funkční rychlost

v parovodu: 8 m/s

tlakový spád na trysce: 2 až 15 bar



VHF

Vstříkovací hlava je osazena jednou až třemi tryskami s fixní plochou pracujícími na mechanickém způsobu rozprašování. K vstříkování vody se používá dvou typů trysek s fixní geometrií. Typ H slouží pro vstříkování většího množství vody, kdy je vytvořen plný kužel z větších kapiček vstříkované vody. Typ N využívá vysokého tlakového spádu v trysce pro velmi jemné rozprašení vstříkované vody. Vzhledem k použité technologii vstříkování se nedoporučuje používat pro regulační poměr větší jak 1 :4.

VHF parametry

1 až 3 trysky

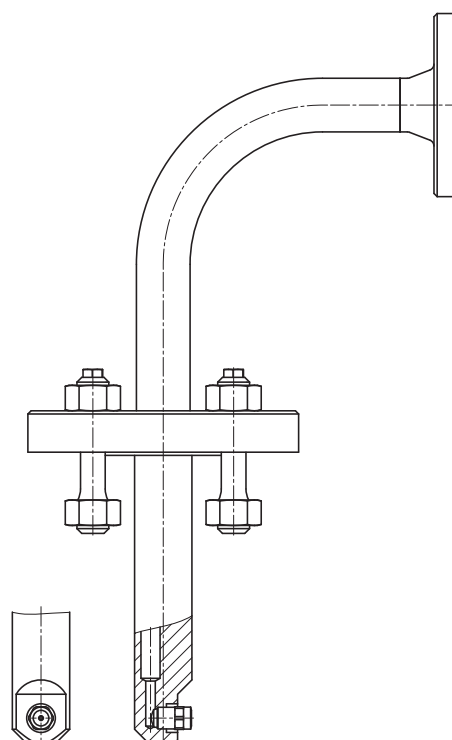
Q_{vody}: 5 – 1680 kg/h /tryska

min. rozměr parovodu: DN 80

min. funkční rychlost

v parovodu: 8 m/s

tlakový spád na trysce: 1 až 70 bar

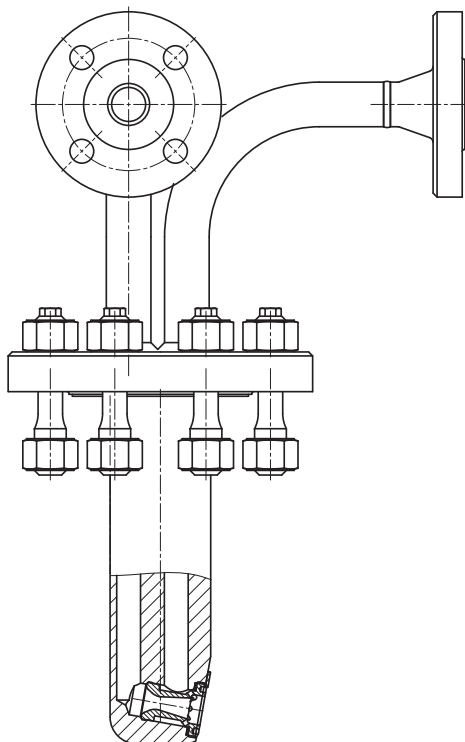


VHP

Vstřikovací hlava parní je zařízení využívající k rozprášení vstřikové vody kinetickou energii páry. Proud páry je urychlen v Lavalově dýze, za jejímž hrdlem je vstřikována chladící voda. Toto uspořádání je vhodné pro aplikace s požadavkem na malé množství chladící vody, omezené pouze regulačním rozsahem předřazeného vstřikového ventilu. Podmínkou aplikace VHP je vhodný zdroj atomizační páry.

VHP parametry

1 tryska
Q_{vody}: 0 – 5,5 t/h /tryska
min. rozměr parovodu: DN 150
min. funkční rychlost v parovodu: 3 m/s
tlakový spád na trysce: 0 až 15 bar

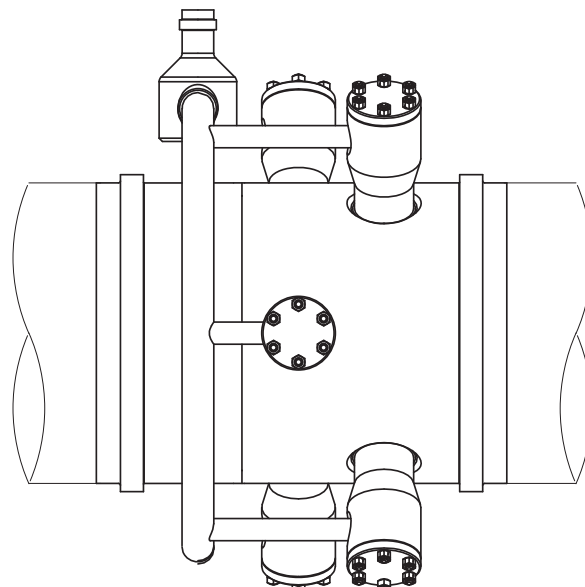


CHR

Radiální chladič využívá k rozprášení vstřikové vody trysek shodné konstrukce jako VH. Chladící voda je vstřikována kolmo na osu parního potrubí což vede k sekundárnímu rozprášení způsobenému větším gradientem rychlostí mezi párou a vstřikovanou vodou. CHR se především využívá jako součást By-pass stanic ve spojení s RS502, RS702 a RS902, nebo může být dodána i jako samostatný chladič.

CHR parametry:

2 až 6 trysek
Q_{vody}: 0,5 – 9,5 t/h /tryska
min. rozměr parovodu: DN 200
min. funkční rychlost v parovodu: 6 m/s
tlakový spád na trysce: 2 až 15 bar

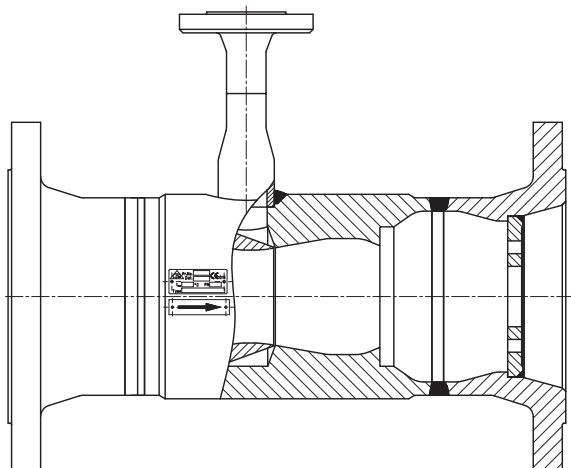


CHPE

Ejektorový chladič páry pracuje na stejném principu jako VHP s tím rozdílem, že není zapotřebí zdroj atomizační páry. Vstříkovaná voda je rozprášena pomocí kinetické energie chlazené páry urychlené v zúženém hrdle CHPE. Pro zvýšení účinnosti chlazení je na výstupu umístěna clona, na které dochází k sekundárnímu rozprášení kapiček vstříkové vody. Nevýhodou tohoto chladiče je poměrně velká tlaková ztráta chlazené páry při vyšších rychlostech páry.

CHPE parametry

Q_{vody}:	0 – max. dle DN
min. rozměr parovodu:	DN 40 - 200
min. funkční rychlost v parovodu:	10 m/s
tlakový spád na trysce:	0 až 15 bar

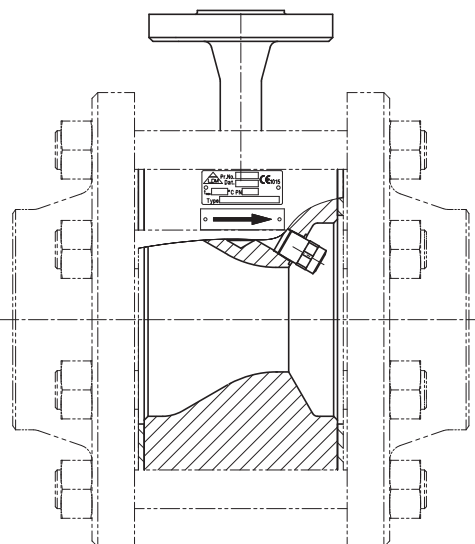


CHPF

Chladič páry, který je osazen tryskou s fixní plochou pracující na mechanickém způsobu rozprašování. K vstříkování vody se používá dvou typů trysek. Typ H slouží pro vstříkování většího množství vody, kdy je vytvořen plný kužel z větších kapiček vstříkovaného média. Typ N využívá vysokého tlakového spádu v trysce pro velmi jemné rozprášení vstříkované vody. CHPF může být osazena jednou nebo i více tryskami dle DN chladiče a požadovaného výkonu. Vzhledem k použité technologii vstříkování se nedoporučuje používat pro regulační poměr větší jak 1 :4.

CHPF parametry

1 až N trysek	
Q_{vody}:	5 – 1680 kg/h / tryska
min. rozměr parovodu:	DN 40 - 200
min. funkční rychlost v parovodu:	8 m/s
tlakový spád na trysce:	1 až 70 bar





LDM, spol. s r.o.
Litomyšlská 1378
560 02 Česká Třebová

tel.: 465 502 511
fax: 465 533 101
e-mail: sale@ldm.cz
<http://www.ldm.cz>

LDM, spol. s r.o.
Kancelář Praha
Podolská 50
147 01 Praha 4

tel.: 241 087 360
fax: 241 087 192

LDM, spol. s r.o.
Kancelář Ústí nad Labem
Mezní 4,
400 11 Ústí nad Labem

tel.: 475 650 260
fax: 475 650 263

LDM servis, spol. s r.o.
Litomyšlská 1378
560 02 Česká Třebová

tel.: 465 502 411-3
fax: 465 531 010
e-mail: servis@ldm.cz

Váš partner