

## ИЗСЛЕДВАНЕ ФУНКЦИОНАЛНИТЕ ВЪЗМОЖНОСТИ НА СИСТЕМА ЗА ОХЛАЖДАНЕ СЪС СТУДЕН ВЪЗДУХ В РЕАЛНИ УСЛОВИЯ

Калин Анастасов<sup>1</sup>, Христиан Митев<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Технически университет - Габрово

## RESEARCH OF THE FUNCTIONAL POSSIBILITIES ON A COOLING SYSTEM WITH COLD AIR IN REAL CONDITIONS

Kalin Anastasov<sup>1</sup>, Hristian Mitev<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Technical University of Gabrovo

### Abstract

Number of methods exist for cooling of work environment during material cutting processes. Primarily through the use of number of kinds of cooling liquids, but there is numerous cases where such cooling environment is non applicable – processing on some non-ferrous metals, wood, plastics and during some high velocity processes of steel in a hardened state. In such case cooling with compressed gasses is recommended. The temperature of the cooling gas is essential in these cases. Systems are available for this type of cooling, but the manufacturers offer limited information for the work characteristics on a such type of systems. The parameterization of the work modes is of significant importance for a particular process. This article presents the functional research in real industrial conditions on a system "Cold nozzle". The main factors have been determined and the nature of their influence on the temperature of the outgoing gas flow has been investigated.

**Keywords:** Machining by cutting, cooling in the cutting area, air cooling, cold nozzle.

### ВЪВЕДЕНИЕ

Съществуват редица методи за охлаждане на работната среда при процеси на обработка чрез рязане на материалите. Основен е чрез използване на редица видове охлаждащи течности (МОТ), но съществуват и редица случаи, в които такава охлаждаща среда е неприложима – обработки на някои цветни метали, дървесина, пластмаси и при някои високоскоростни обработки на стомани в закалено състояние. В такъв случай се препоръчва охлаждане със състени газове. От съществено значение в тези случаи е температурата на охлаждащия газ.

Предлагат се системи за такъв тип охлаждане, но производителите предо-

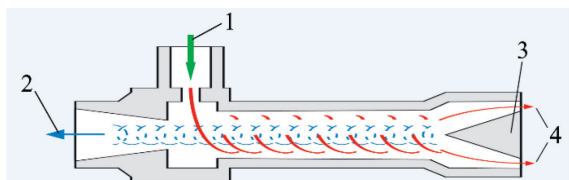
ставят ограничена информация за работните им характеристики. Това затруднява параметризирането на работните режими, а то е от съществено значение за всеки конкретен обработващ процес.

В настоящия доклад е представено функционално изследване в реални промишлени условия на система „Студена дюза“ предлагана от фирмата „EMUGE FRANKEN“. Определени са основните фактори и е изследван характерът на влиянието им върху температурата на изходящия газов поток.

Работата на дюзата за студен въздух се основава на принципа на „вихровите тръби“. Входящият въздух под налягане се разделя на студен и горещ въздушен поток. Без необходимост от електроне-

ханични системи, или подвижни компоненти дюзата за студен въздух може да генерира температура на изходящия въздух от  $-40^{\circ}\text{C}$ . Регулирането на температурата на изходящия поток се осъществява, чрез използването на регулиращ вентил [1].

Принципът на работа на дюзата за студен въздух е представен на фиг. 1.



Фиг. 1. Принцип на работа на с-ма „студена дюза“

Входящият съгъстен въздух (1) се подава в стационарен генератор, през тангенциално разположен, спрямо цилиндричната му стена отвор. Пораждат се въртеливи движения на компресирания въздух по протежение на вътрешната страна на тръбата, в посока регулируемия вентил за горещ въздух (3). При движението си въздушният поток достига скорост на движение, близка до звуковата скорост. Част от компресирания въздух се изпуска през регулируемия вентил от изхода за горещ въздух (4). Неевакуираният въздух се изтласква обратно през средата на въздушния поток, със значително по-ниска скорост, при което се осъществява топлобмен. Вътрешният въздушен поток, движещ се значително по-бавно отдава топлина на външния въздушен поток, движещ се много по-висока скорост. Когато вътрешния въздушен поток премине през центъра на стационарния генератор и изхода на студения въздух (2) той е достигнал изключително ниска температура [2].

Дебитът на изходящия горещ въздушен поток винаги е по-висок от този на изходящия студен въздух.

Табл. 1.

Температура, измерена при ефективния изход на вихровата тръба			
Налягане на подавания въздух	Температура на студения въздух в $^{\circ}\text{C}$ , при нива на затваряне на клапата от:		
	25%	50%	75%
3 bar	-31	-22	-6
4 bar	-35	-35	-8
5 bar	-39	-28	-10
6 bar	-42	-31	-11
7 bar	-46	-34	-13

Производителят предлага технически характеристики на изделието, посочени в таблици 1 и 2 но в реални условия те не бяха постигнати. Това наложи провеждането на изследвания в реална работна среда с цел придобиване на адекватна информация за настройване на системата. Каталогните данни на охлаждащата система „Студена дюза“ са представени в таблици 1 и 2 [2].

Табл. 2.

Консумация на въздух, с температура $21^{\circ}\text{C}$		
Входящо налягане	Консумация на въздух	Капацитет
6.9 bar	$7.08\text{l/s} \approx 25.5 \text{ m}^3/\text{h}$	$226\text{kcal/h} \approx 263 \text{ w}$

## ИЗЛОЖЕНИЕ

Изследването включва четири еднотипни еднофакторни експеримента в които са измервани температурите на изходящия поток на студения въздух в характерни зони. В първите два, условно наречени функционални измерването е на изхода на дюзата, без да е монтирана гъвкавата тръба и непосредствено на изхода на гъвкавата тръба. Вторите два – работни, измерването е на разстояние 15 mm и 30 mm от изхода на гъвкавата тръба, където евентуално се намира зоната на обработка.

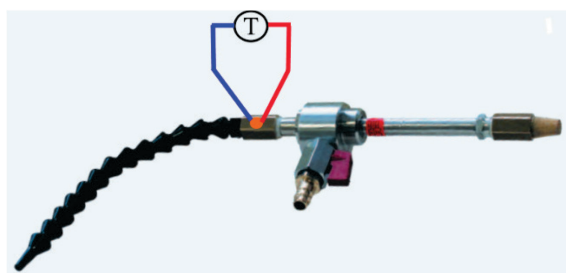
Във всеки експеримент са проведени по четири опита при степен на отваряне на регулируемият вентил на студената дюза, съответно 25%; 50%; 75% и 95%. Всеки опит включва по седем наблюдения при налягане на входящия сгъстен въздух съответно от 1 до 7 bar, през 1 bar при които се измерва температурата в определената точка.

Системата за измерване на температурата се състои от термодвойка, свързана с цифров измервателен уред.

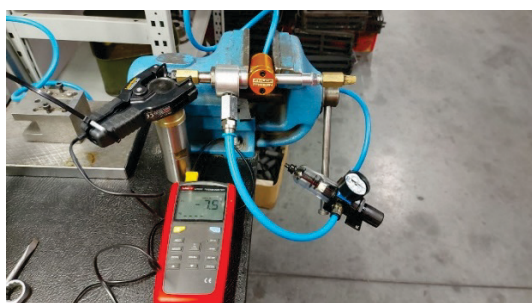
Температурата на околната среда при провеждане на измерването е 25° С.

След задаване на позиция на регулируемият вентил се подава сгъстен въздух с точна стойност на налягането (от 1 до 7 bar.). Времето за всяко измерване е 5 мин., което дава възможност за темпериране на охлаждащата система и работа в установен режим [3].

При определяне на реалните функционални характеристики в експеримент едно е измервана температурата на изходящия студен въздух, в непосредствена близост до изхода на охлаждащата система. На фиг. 2 е представена принципна схема на измерването, а на фиг. 3 е представена снимка на опитната установка в реална среда.



Фиг. 2. Принципна схема на измерването без удължение



Фиг. 3. Опитна установка в реални работни условия

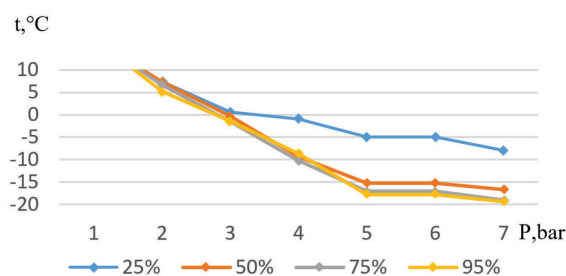
Резултатите от измерването са представени в табл.3.

Табл. 3

Работно налягане	Температура на изходящия студен въздух при степен на отваряне на регулируемия вентил в °С			
	25%	50%	75%	95%
1 bar	14,8	16,8	16,9	17,1
2 bar	7,4	7,3	6,7	5,2
3 bar	0,6	-0,3	-1,6	-1,5
4 bar	-0,9	-9,4	-10,2	-8,7
5 bar	-5	-15,2	-17	-17,8
6 bar	-5	-15,2	-17	-17,8
7 bar	-8	-16,7	-19	-19,4

Сравнявайки получените резултати с данните на производителя веднага прави впечатление голямата разлика (3 до 4 пъти) по-високи температури, което няма реално обяснение. Това още веднъж показва необходимостта от изследването.

Данните от проведеното измерване са представени в графичен вид на фиг. 4.



Фиг. 4. Графика на зависимостта  $T=f(P)$ .

Получените стойности на температурата при повишаване на налягането от 1 до 7 bar намаляват приблизително линейно до стойност на налягането 5 bar, като след тази стойност влиянието е по-слабо. Степента на отваряне на регулирания вентил влияе несъществено, като получените резултати при 50%, 75% и 95% са близки по стойност. При степен на отваряне 25% температурните стойности са значително по-високи, което се дължи на съотношението на разпределяне на топъл и студен въздух.

Влиянието на степента на отваряне на регулиращия вентил е незначително и не е подходящо за промяна на работния режим.

Следващият експеримент се осъществява в точка, разположена в непосредствена близост до изхода на гъвкавата тръба на дюзата за студен въздух. Целта е да се определи степента на влияние на гъвкавата тръба, с оглед евентуална промяна на дължината и. Температурата на околната среда случая е 25.8° C.

На фиг. 5 е представена принципна схема на разположението на измервателната система. Дължината на гъвкавата тръба е 270 mm, като тя остава непроменена при провеждането на всички измервания.

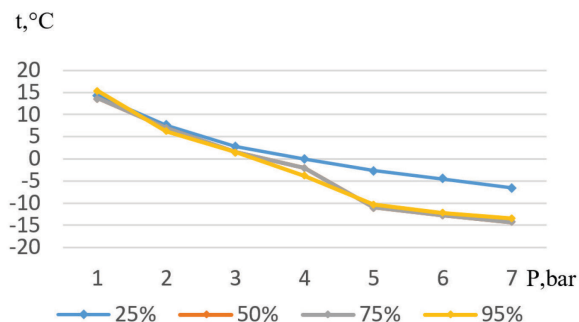


Фиг. 5. Принципна схема на разположението на измервателната система при  $A=1\text{mm}$

Резултатите от измерването са представени в табл.4, а графичният им вид на фиг. 6.

Табл. 4

Работно налягане	Температура на изходящия студен въздух при степен на отваряне на регулируемия вентил в °C			
	25%	50%	75%	95%
1 bar	14,3	13,7	12	15,4
2 bar	7,5	6,9	6	6,2
3 bar	2,8	1,5	1,2	1,5
4 bar	0	-2	-6,1	-3,8
5 bar	-2,7	-11	-14,8	-10,3
6 bar	-4,6	-12,8	-16,8	-12,2
7 bar	-6,5	-14,3	-18	-13,5



Фиг. 6. Графика на зависимостта  $T=f(A)$ , при  $A=1\text{mm}$ .

Графиките на зависимостите на температурата, спрямо налягането на подавания сгъстен въздух имат сходен вид. Те напълно се припокриват, при степен на отваряне на регулируемия вентил, съответно 25%, 50% и 95%. Като цяло получените температури са по-високи с 2 – 3° C в резултат на топлообмена с гъвкавата тръба.

Следващите два „работни“ експерименти се осъществяват в точки, разположени на 15 и 30 mm от края на гъвкавата тръба на дюзата за студен въздух по направление на потока. Температурата на околната среда е 26,3° C.

На фиг. 7 е представена принципна схема на разположението на измервателната система.



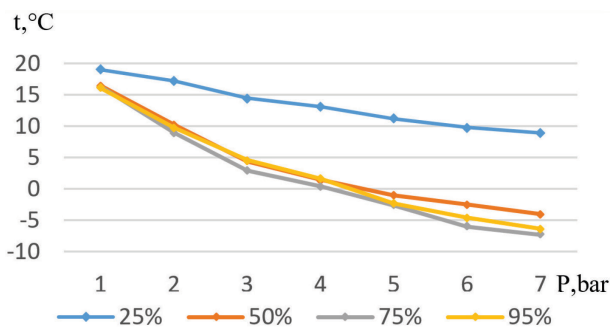
Фиг. 7. . Принципна схема на разположението на измервателната система при  $A=15$  и  $30\text{mm}$

Резултатите от измерването са представени в табл. 5.

Табл. 5

Работно налягане	Температура на изходящия студен въздух при степен на отваряне на регулируемия вентил в °С			
	25%	50%	75%	95%
1 bar	19	16,5	16,3	16,1
2 bar	17,2	10,3	9	9,8
3 bar	14,5	4,4	2,9	4,6
4 bar	13,1	1,5	0,4	1,6
5 bar	11,2	-1	-2,6	-2,3
6 bar	9,8	-2,5	-6	-4,6
7 bar	8,9	-4	-7,3	-6,3

Данните от проведеното измерване са представени в графичен вид на фиг. 8.



Фиг. 8. Графика на зависимостта  $T=f(A)$ , при  $A=15mm$ .

Забелязва се приблизително съвпадение на графиките на зависимостите на измерената температура, спрямо налягането на подавания съгъстен въздух, при степен на отваряне на регулируемия вентил – 50%, 75% и 95%. При степен на отваряне от 25% измерените температури са значително по-високи. Това се дължи на недостатъчната охладителна способност на системата, при съответната степен на отваряне.

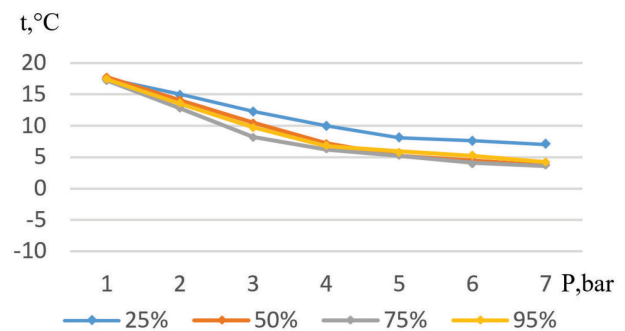
При измерването в точка, разположена на 30 mm. от гъвкавата тръба температурата на околната среда е 24 °С.

Резултатите от измерването са представени в табл.6.

Табл. 6

Работно налягане	Температура на изходящия студен въздух при степен на отваряне на регулируемия вентил в °С			
	25%	50%	75%	95%
1 bar	17,5	17,8	17,2	17,4
2 bar	15	14,1	12,8	13,5
3 bar	12,3	10,5	8,2	9,8
4 bar	10	7,2	6,2	6,8
5 bar	8,1	5,2	5,2	5,9
6 bar	7,6	4,5	4,1	5,2
7 bar	7	3,7	3,6	4,2

Данните от проведеното измерване са представени в графичен вид на фиг. 9.



Фиг. 9. Графика на зависимостта  $T=f(A)$ , при  $A=30mm$ .

Измерените стойности на температурата на студения въздух са сходни и при четирите степени на отваряне на регулируемия вентил. Забелязват се по-високи стойности на температурата при степен на отваряне от 25%, което се дължи на недостатъчна охладителна способност. Наблюдаваното съвпадение на останалите три графики се дължи на високата степен на смесване на изходящия въздух с този от околната среда на разстояние от 30mm. от изхода на гъвкавата тръба.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящия доклад е представено функционално изследване в реални промишлени условия на система „Студена дюза“. Определени са основните фактори и е изследван характерът на влияние-

то им върху температурата на изходящия газов поток.

Направени са редица измервания в различни точки от системата „Дюза за студен въздух“, като резултатите са представени в табличен и графичен вид. Резултатите са анализирани и са определени основните фактори, влияещи върху работата на системата за охлаждане. С настоящите изследвания се създават предпоставки за изграждане на модел на процеса на работа на „Студена дюза“.

Получените резултати позволяват правилно подбиране на режим на работа според конкретните условия на процеса,

тъй като изследваният образец не достигна представените паспортни данни.

## REFERENCE

- [1] Liold E., Fluid Flow and Heat Transfer, Science and Engineering, Clanrye International, 2023, ISBN: 9781647266783.
- [2] [https://www.emuge-frankenburg.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=85&Itemid=52](https://www.emuge-frankenburg.com/index.php?option=com_content&view=article&id=85&Itemid=52).
- [3] Rashid H., Fluid Flow and Heat Transfer in Wellbores, Second Edition, Society of Petroleum Engineers, 2018.