

MĚŘENÍ ČÁSTIC UNÁŠENÝCH PLASMATEM POMOCÍ KORELAČNÍCH METOD A METODY PIV

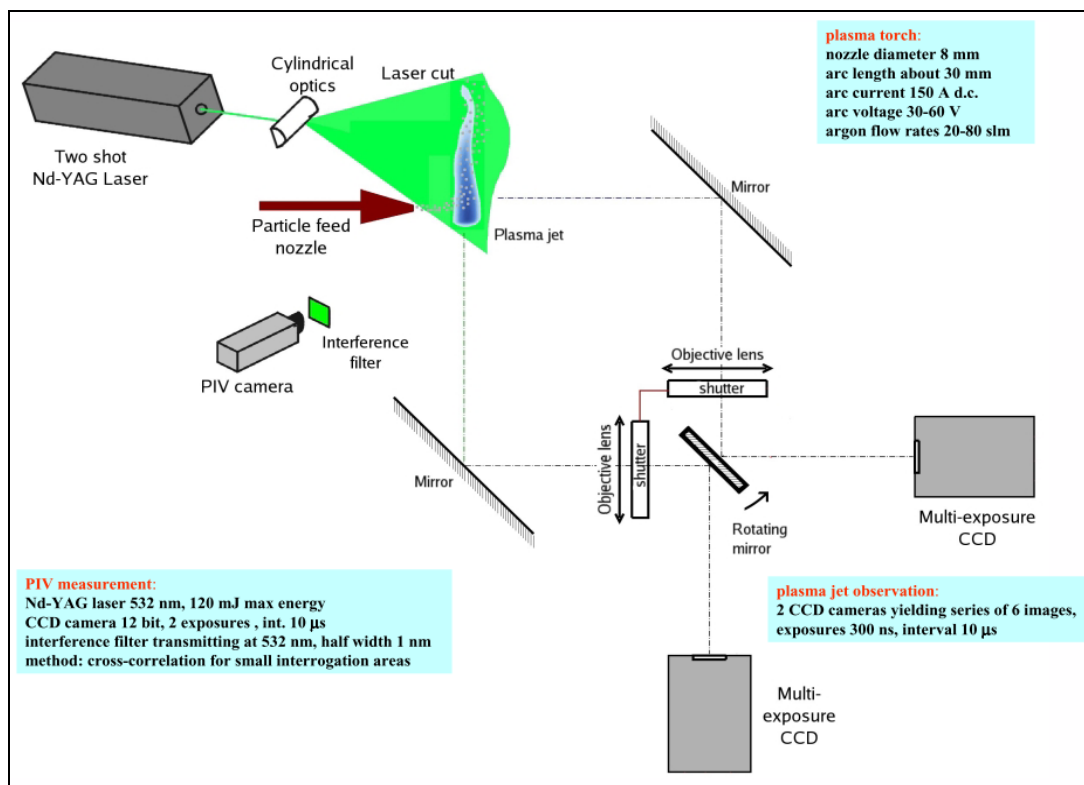
KOPECKÝ Václav, KOTEK Michal, JAŠÍKOVÁ Darina,
HLÍNA Jan, ŠONSKÝ Jiří

Úvod

Při finálních úpravách povrchů plasmovou nanášecí technologií představuje důležitý parametr rozložení rychlostí nanášených částic. Právě na kvalitě nanesení krycího povrchu závisí odolnost a mechanické vlastnosti vysoce namáhaných součástí – lopatky turbín, hřídele, apod.

Při studiích interakcí mezi injektovanými částicemi a tokem plasmu hraje důležitou roli znalost rychlosti a teploty plasmu. Rychlosti částic v plasmě jsou obvykle zjišťovány pomocí laserových anemometrických metod – např. laserovou stroboskopií, LDA a PDA metodami. Nyní použitá metoda PIV (particle image velocimetry) je obvykle nasazována k měření proudových polí „chladných“ proudů, zejména pro její schopnost zachytit celé sledované proudové pole v jediném okamžiku. Další možností jak sledovat děje v plasmě je metoda sledování fluktuací emisivity plamene. Tato práce porovnává obě zvolené metody sledování plasmu.

Uspořádání experimentu



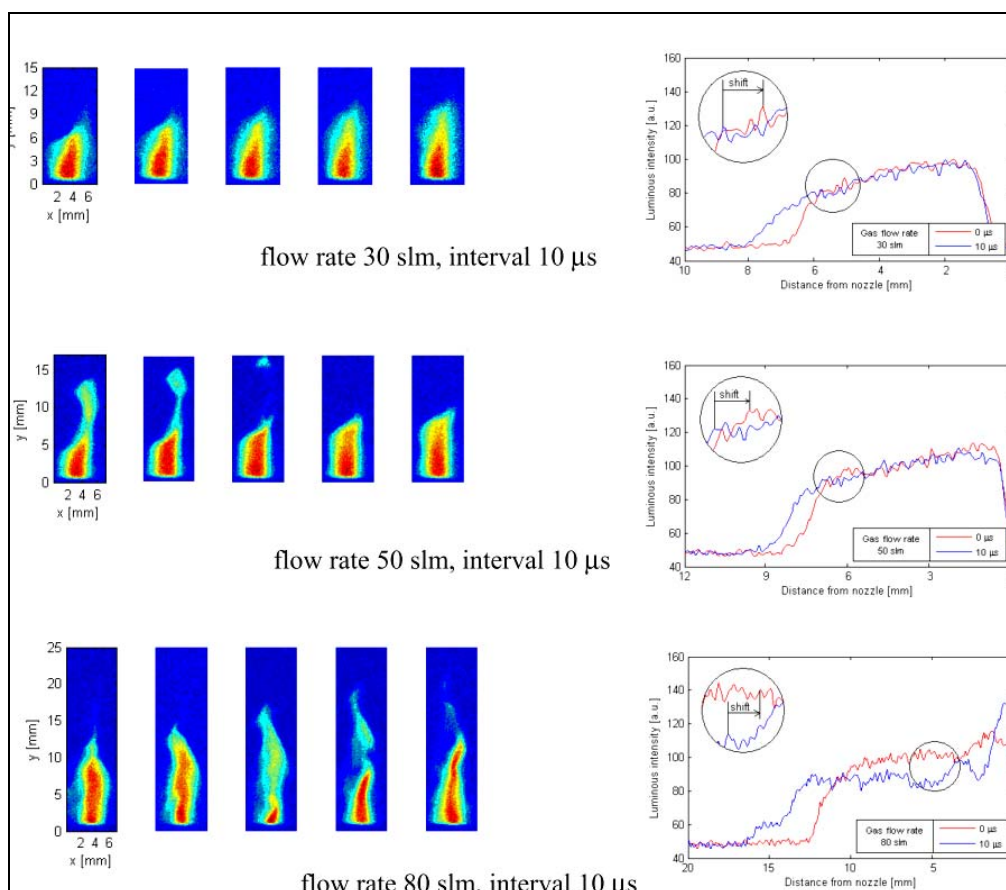
Obr. 1: Uspořádání měření s laserem, PIV kamerou a dvěma rychlokamerami

Proud plasmy z plasmatronu byl ozařován intenzivním laserovým řezem z pulsního laseru NewWave Gemini s vlnovou délkou 532nm. Scénu snímala jedna speciální kamera pro expozici PIV dat a dvě rychloběžné kamery pro vyhodnocování fluktuace svítivosti plamene. Schéma experimentu je na Obr. 1.

Dvojice kamer pro sledování fluktuace plamene byla synchronizována s PIV systémem, aby bylo dosažení identických vzorků ve stejném čase. K analýze dat z rychlokamer byla použita obrazové korelace. Pro zvýšení rychlosti snímání bylo použito rotující zrcátko, které rozmítalo 5 úzkých pruhů obrazu plamene do jediného obrazu a tím zvýšilo rychlost kamery. Tímto systémem se podařilo získat obrazy s dobou expozice $300\mu\text{s}$ a rozstupem snímání (vzorkování) $10\mu\text{s}$.

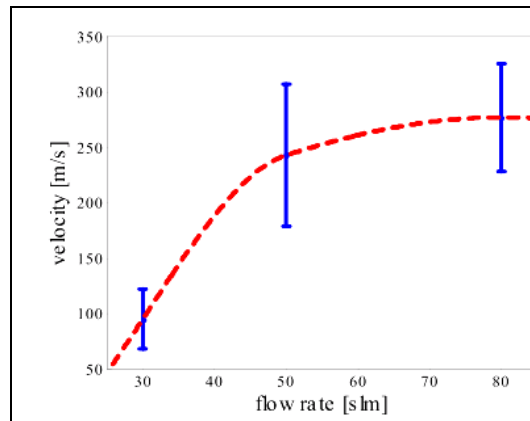
Analýza výsledků

Pomocí pohledu dvou kamer byly rychlosti v plasmě vypočteny z korelací fluktuací v rekonstruované 3D scéně. Na Obr. 2 jsou vlevo výsledky osové rychlosti, vpravo zjištěné korelace intenzit obrazu se zvýrazněnými korelačními posunutími.



Obr. 2 Výsledky korelací pro průtoky plynu 30 l/min, 50 l/min, 80 l/min

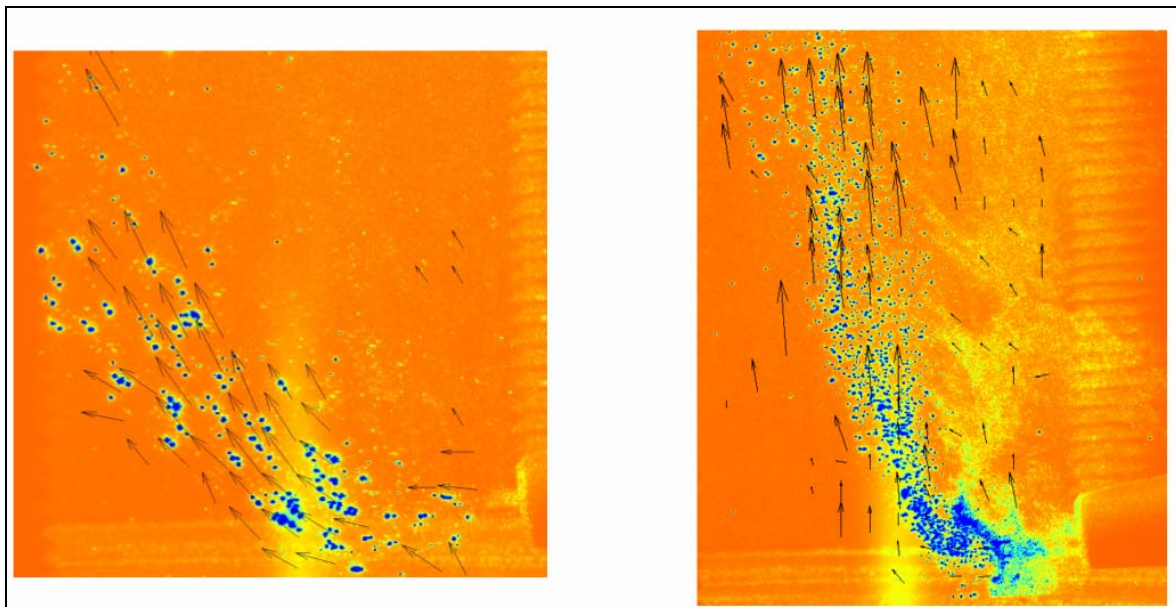
Výsledky korelací obrazů z kamer ukazují závislost tvaru plamene plasmu na průtoku argonového plynu. Tato závislost byla zanesena do grafu na obr. 3 a proložena křivkou.



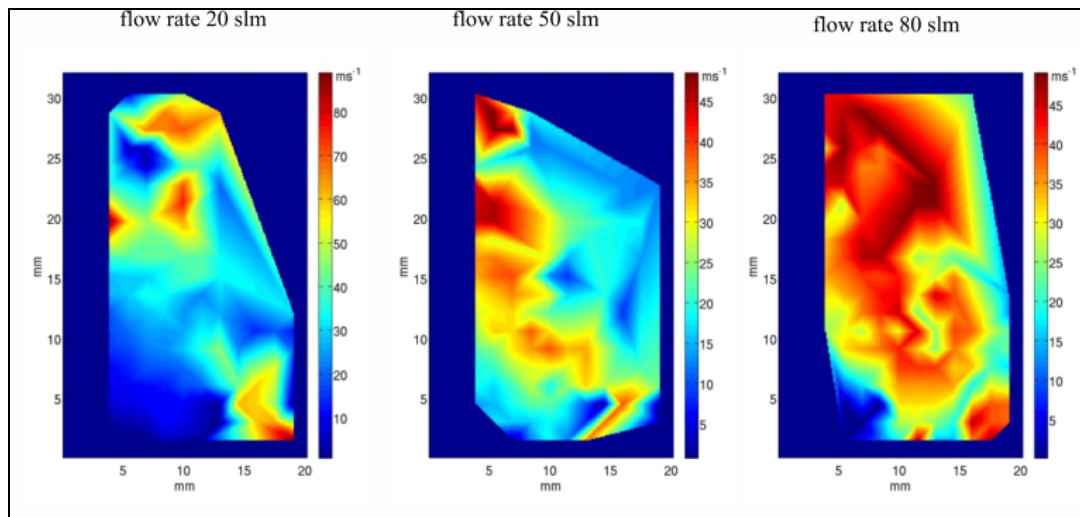
Obr. 3 Závislost rychlosti plasmu na průtoku

Výsledky z PIV měření

Při pozorování chování plamene plasmu je rozhodující volba sytících částic a způsob jejich injektáže do plamene. Dosud používané postupy nejsou schopny dopravit částice do jádra plamene plasmu. Oproti tomu injektáž částic přesně odpovídá postupu při zpracování povrchu plasmovou nanášecí technologií. Obr. 4 ukazuje vizualizace unášených částic proudem a výsledky výpočtu rychlostí. Četné oblasti plamene plasmu však nebyly částicemi dostatečně nasyceny, výsledný vektor nebyl v těchto oblastech vypočten.



Obr. 4: Vizualizace a vektorové pole proudu částic v plazmě s průtokem plynu 80 l/min; vlevo částice korund 69 – 80 μm , vpravo částice korund 25 – 32 μm



Obr. 5: Rychlosti plazmy s částicemi korund 69 – 80 μm zjištěné PIV zařízením

Zhodnocení dosažených výsledků

Dosavadní měření prokázala schopnost nasazení obou metod jak při pozorování samotného plamene plazmy tak i při aplikacích pro úpravy povrchů plasmovou technologií. Přesnějším výsledkům prozatím brání nevhodně navržené sycení částicemi, respektive nemožnost injektáže částic přímo do jádra plamene plazmy.