

условиях достаточно высоких ростовых градиентов G_z в процессе их гомогенизирующего отжига при температурах выше температуры растворения γ' -фазы.

Результаты проведённых исследований используются в технологиях получения ло-

патов ГТД с монокристаллической и однонаправленной структурой.

Работа выполнена в рамках Комплексного научного направления 9.5. «Направленная кристаллизация, высокотемпературные жаропрочные сплавы».

УДК 621.438; 629.735

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ ЛОКАЛЬНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ И РАВНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛЁНОЧНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ЗА РЯДОМ ОТВЕРСТИЙ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ V-ОБРАЗНЫХ ВЫЕМОК

©2018 О.В. Лебедев, В.В. Лебедев

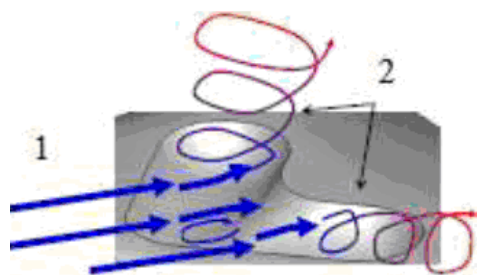
Рыбинский государственный авиационный технический университет им. П.А.Соловьёва

STUDY OPPORTUNITIES TO IMPROVE LOCAL EFFICIENCY AND UNIFORMITY OF DISTRIBUTION OF FILM COOLING FOR A NUMBER OF HOLES WHEN USING THE V-SHAPED DIMPLES

Lebedev O.V., Lebedev V.V. (P. A. Solovyov Rybinsk State Aviation Technical University, Rybinsk, Russian Federation)

Experimental studies of film cooling behind a series of discrete holes on a flat wall are carried out. The range of angles formed by the axes of the injection holes with a shielded wall from 45 to 90 degrees, the parameters of the injection from 0.3 to 1.2 is covered. The Mach number has not been modelled. Local increase of efficiency and uniformity of distribution of film cooling is revealed when using V-shaped dimples connected in continuous lines behind a number of holes.

Известны методы интенсификации теплообмена между потоком и обтекаемой стенкой с помощью расположенных на стенке V-образных выемок [1] (рис. 1).



1 – основной поток,

2 – пара вихрей противоположного вращения [1]

Рис.1. Схема V-образной выемки, генерирующей парный вихрь

Если расположить такие V-образные выемки на стенке за рядом отверстий для вдува охлаждающего воздуха в горячий поток, то возникающая на V-образной выемке пара вихрей будет способствовать концентрации охладителя у стенки. Для проверки изложенной идеи проведены экспериментальные исследования на плоской адиабатной стенке, с углами вдува 45°, 60°, 90°, ори-

ентированных по основному потоку. Режимы исследуемых завес задавались параметром вдува $m = \rho_g V_g / \rho_z V_z$, эффективность завесного охлаждения определялась по формуле $\theta = (T_z - T_{cm}) / (T_z - T_g)$. Температуры газа T_z и воздуха T_g контролировались с погрешностью в 1°C. Поле температур на стенке наблюдалось и фиксировалось с помощью тепловизора FLIR-E64501, с матрицей 320x240 с разрешением 76800 пикселей, с чувствительностью 0.05° С.

Полученные результаты привели к идее использовать вместо V-образной выемки ряды сплошных зигзагообразных выемок, как это показано на рис. 2.

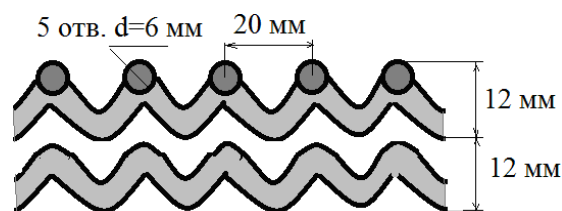


Рис. 2. Система из двух зигзагообразных выемок за рядом отверстий

На рис. 3 приведены распределения температур на стенке для углов вдува 60° и $m=0.48$ при отсутствии (а) и наличии (б) сплошных зигзагообразных выемок. Вдувался горячий воздух в холодный основной поток.

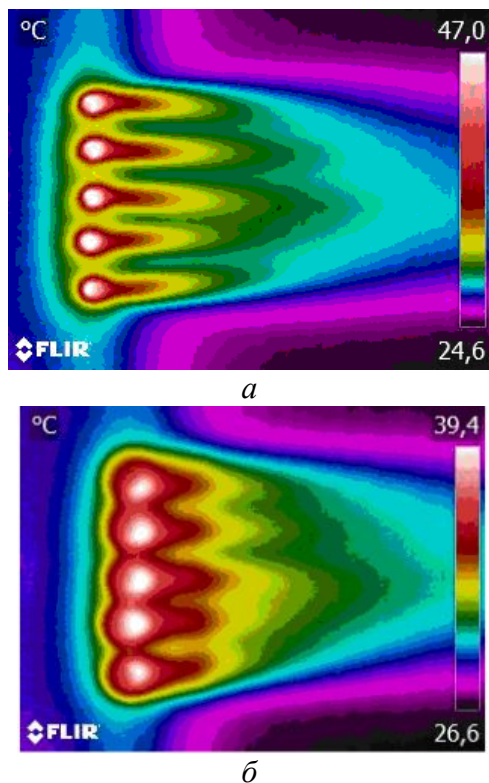


Рис. 3. Распределения температур на пластине для углов вдува 60° и параметров вдува $m=0.48$

Видно, что использование двух сплошных зигзагообразных выемок способствуют концентрации вдуваемого охладителя у стенки и приводит к выравниванию завесы в поперечном направлении.

На рис. 4 представлены осредненные по шагу отверстий эффективности θ для вдува под углами 60° (а) и 90° (б) при отсутствии (1), и при наличии двух сплошных зигзагообразных выемок за рядом отверстий (2). Видно, что при углах вдува 60° , для параметров вдува $m \leq 0.48$ θ всюду вплоть до $x/d \leq 15$ меньше, чем при отсутствии выемок. Однако при $m \geq 0.71$ значения θ при применении выемок несколько большие, чем без выемок.

Напротив, при вдувах с углами 90° , при $m \leq 0.48$ θ при применении двух сплошных зигзагообразных выемок превышает значения θ при отсутствии выемок, а при $m \geq 0.71$ – наоборот меньше.

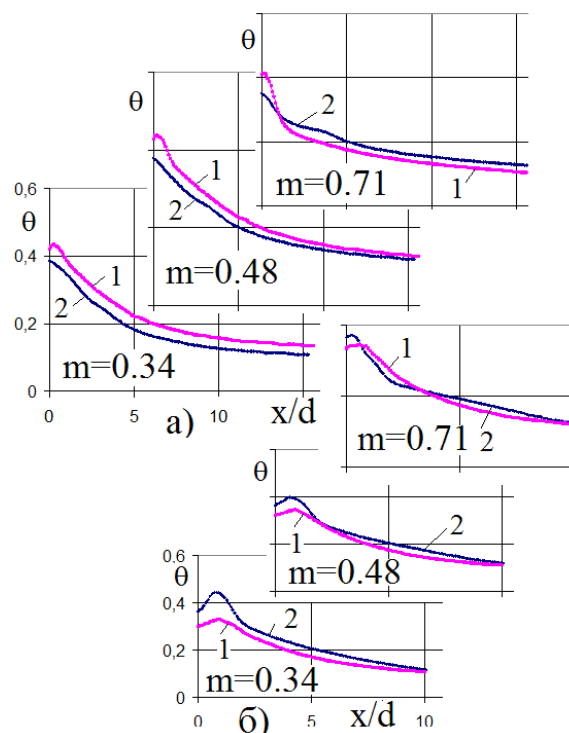


Рис. 4. Осреднённые по шагу отверстий эффективности завесного охлаждения

Очевидно, что наличие зигзагообразных выемок способствует более интенсивному перемешиванию вдуваемой среды с основным потоком. При углах вдува 60° это приводит к меньшим значениям θ , чем в случае без выемок. Но, с ростом $m \geq 0.71$ фактор захвата вдуваемой среды парными вихрями, локализованными в выемках, становится более значимым, чем интенсификация перемешивания, и значения θ становятся больше, чем при отсутствии зигзагообразных выемок. Увеличение углов вдува (в опытах 90°) приводит к уходу вдуваемой среды вглубь основного потока даже при малых параметрах вдува ($m \leq 0.48$). Поэтому фактор вытягивания парными вихрями вдуваемой среды в пристенный слой способствует увеличению θ . Но, с ростом $m \geq 0.71$ этот фактор недостаточен, и эффективность завесы падает.

Библиографический список

1. C. Neil Jordan, Lesley M. Wright. Heat transfer enhancement in a rectangular (ar=3:1) channel with V-shaped dimples. Proceedings of ASME Turbo Expo 2011. GT2011, June 6–10, 211, Vancouver, British Columbia, Canada, 12 p.