

氏 名	辻 正 一 つじ しょう いち
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	論 工 博 第 270 号
学位授与の日付	昭 和 44 年 3 月 24 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	ガスタービン用蒸発型燃焼器の研究

論文調査委員 (主 査)
教授 佐 藤 俊 教授 長尾不二夫 教授 大 東 俊 一

論 文 内 容 の 要 旨

この論文は従来のガスタービン用蒸発型燃焼器の短所を改善するため、新しい蒸発燃焼方法を用いた燃焼器を考案し、その設計の基礎となる諸特性ならびに性能に関する研究をまとめたもので、7章からなっている。

第1章の序論では、従来のガスタービン用燃焼器の蒸発、燃焼方法ならびに性能などについてのべ、本研究を行なう意義、目的を明らかにし、その概要をのべている。

第2章、第3章および第4章は新しく提案した燃焼器における燃料の蒸発機構ならびに燃焼機構に関する基礎的研究の結果をまとめたものであって、まず第2章では燃料の液膜蒸発に関する基礎的研究結果が述べられている。本研究で提案した燃焼器では燃料液膜は蒸発板上に付着した状態で蒸発するので、燃焼器の設計に当って蒸発板の決定に対する基礎資料が必要となるが、従来燃料の液膜蒸発に関する研究はあまり発表がないので、本研究では蒸発板に燃料を付着せしめ、その上面に空気を流すことにより燃料液膜を形成せしめ、蒸発長さと各種因子との関係を実験的に求めている。実験には二次元実験装置が用いられているが、実際の燃焼器で予想される諸条件が考慮されており、液膜燃料は蒸発板を通して燃焼ガスで加熱されると共に、液膜燃料の上面を流れる空気の温度を燃料の沸点以上に高めることにより空気流からの加熱がつけ加わる場合の実験も付加されている。本実験により、蒸発状態判定のもととなる蒸発長さと加熱燃焼ガスからの熱流束、上面空気流の温度ならびに流速、燃料流量ならびにその温度などとの関係を明らかにしている。

第3章は、本研究で提案した燃焼器では従来の燃焼方法とは異なり蒸発した燃料蒸気と一次空気が予混合されてU型断面形状の燃焼室内壁に沿うように噴出して燃焼するので、このような特殊の燃焼器に対する火炎の安定性や、火炎の拡がりなどの燃焼工学的諸特性を明らかにするための基礎的な実験結果をまとめたものである。実験はU型断面形状の二次元燃焼室について行なわれ、プロパンガスと空気との混合ガスを用い、燃焼室ライナの寸法を変えて火炎の拡がり、希薄吹き消え限界などの測定が行なわれている。

この実験によって、燃焼室ライナ壁に沿って形成される乱流火炎帯は下流に行くほど幅が拡がりながらUターンするため、火炎帯に囲まれた中央部分に循環渦域が形成され、そのため火炎が安定することが確認された。また火炎帯の拡がりに対する空燃比、混合気噴出速度などの影響、ならびに希薄吹き消え限界に対するライナの長さおよび幅、混合気吹き出しスリット幅の影響が明らかにされ、この燃焼方法が実際燃焼器として実用可能であるという見通しをえている。

第4章においては、第2章の液膜燃料の蒸発機構に関する研究と関連して、新しく提案したU型燃焼室について、比較的实验状態に近い条件での伝熱工学的研究についてのべており、予混合ガスを燃焼室壁に沿って燃焼した場合の燃焼室内からライナ壁への対流ならびに放射伝熱について研究した結果をまとめたものである。実験はまず空気のみを加熱した、燃焼を伴わない状態で行なわれ、加熱空気を壁面に沿って噴出し、加熱空気から壁面への局所的対流熱伝達率を求め、かつ理論的考察を行なって、実験結果との比較検討を行ない、つぎに、混合ガスを燃焼した状態で燃焼量をかえて実験を行なうことにより、放射伝熱と対流伝熱を分離検討し、両者の実験結果から実用燃焼器における燃焼壁面付近の混合ガスの燃焼効率、ガス温度、総括熱流束などの実用設計上重要因子の推定方法をまとめており、第2章の研究結果と併せて、蒸発板の大きさなどを決定するための設計指針が明らかにされている。

第5章では、上記3章における蒸発機構ならびに燃焼機構に関する基礎的研究結果にもとずき、実際のジェット・エンジン燃焼器に近い箱型部分模型を試作して燃焼実験を実施し、実機状態に近い条件での蒸発特性、燃焼特性ならびに他の諸性能を明らかにしている。実験にはJP-4ジェット燃料が用いられ、液膜燃料の蒸発長さとお燃比、入口空気温度、流量などの運転条件との関係が求められ、また燃焼の安定性について検討が行なわれていて、運転条件の広い範囲において安定に青色炎燃焼が維持され、すす、カーボンデポジットの発生を伴わないことが確認されている。更に燃焼性能としては、ジェット・エンジン用燃焼器として必要な諸性能が詳細に測定されていて、燃焼効率は空燃比60~120の間で90%以上であり、燃焼負荷率はガスタービン用燃焼器としては最も高負荷の部類に属するものであることが確かめられている。希薄吹き消え限界は分流比の影響を顕著にうけ、実験が行なわれた範囲では分流比を大きくして一次燃焼域の空燃比を大きくする方が高負荷での燃焼効率は良くなるが、希薄吹き消え限界が小さくなるため、燃焼器が要求される性能に応じて適当な分流比を選ぶ必要があることが明らかにされている。

第6章では蒸発機構ならびに燃焼機構などに関する基礎的研究結果と模型燃焼器による応用的研究結果を整理、検討することにより、新しく提案したU型蒸発燃焼器の実用設計方針について、具体例をもとにして研究した結果をまとめている。設計計算例としては垂直離着陸航空機用リフトエンジン燃焼器に対して設計諸条件を想定し、定められた設計方法にもとずいて主要諸元を計算するとともに、基本設計図を作成して、そのアウトラインを明らかにしている。またガスタービン用燃焼器を噴霧型、蒸発管型および本形式蒸発型に分けて、その長所、短所について利害得失を比較検討し、本形式蒸発型の燃焼器は高負荷燃焼条件でも、ばい煙、すすの発生がなく、価格が低廉に製作可能で、構造的にもコンパクトであるなどの特長を持っていて、特にリフトエンジン用燃焼器、車輛用ガスタービン燃焼器などへの適用が望ましいと考察している。本章の研究により、新しく提案した本形式燃焼器の実用上の適用性、設計方法が具体的に明らかにされ、実機製作上の種々の検討とともに、その見通しをえている。

第7章は結論で以上の成果をとりまとめたものである。

論文審査の結果の要旨

ガスタービン用燃焼器は他の燃焼装置に比べて、一般に高い熱負荷率および、広い運転条件に対する安定な燃焼と良好な燃焼効率の保持が要求され、特に航空機用としては、これらの条件はさらに苛酷となるため、数多くの燃焼器形式が提案されているにもかかわらず、それぞれ問題点を残している。すなわち、ガスタービン用燃焼器は混合気の形成方法によって噴霧型と蒸発型とに大別され、現用の燃焼器は前者が多いが、噴霧型では火炎は拡散炎であって、一般に混合気が不均質となるため、燃焼負荷率が比較的小であること、およびすすの発生を伴ない易く、振動燃焼を起こし易いなどの欠点がある。一方蒸発型は予混合炎を形成し、高負荷燃焼に適し、すすの発生も少ないと考えられるが、従来提案されている蒸発型には主として蒸発部に障害のあるものが多く、実用化されているものは極めて少ない。

著者は従来の蒸発型燃焼器の欠陥を補ない、高負荷燃焼に適した燃焼器として、新しい形式の蒸発型燃焼器を提案し、その実用化をはかるための一連の研究を行なったもので、ここに新しく提案された燃焼器はU型断面形状の燃焼室を持ち、燃焼室ライナの外側壁面に燃料液膜を付着せしめて蒸発部を形成し、混合気を燃焼室内壁に沿って噴出せしめて、U型火炎を作り火炎の安定化をはかるものである。

従来液膜燃料の蒸発に関する研究は余り行なわれていないので、著者はまず本蒸発部に近い条件での燃料液膜の蒸発についての基礎的実験を行ない、蒸発板を通しての燃焼ガスの加熱による蒸発と、液膜の上面を流れる空気流による加熱蒸発との両面から蒸発状態を検討し、この判定のもととなる蒸発長さや各種要素との関係を明らかにし、蒸発部設計の基礎資料をえた。

つぎに、本方式の燃焼器での燃焼は従来の燃焼方法とは可成り異なるため、このような特殊な燃焼状態での燃焼機構を明らかにする必要上、火炎の安定性や火炎の拡がりなどの燃焼工学的な諸特性を基礎的に詳細に求めている。その結果、火炎帯に囲まれた中央部分の循環渦域の形成が火炎の安定化に大きな役割を果たしていることを確認し、火炎帯の拡がりや希薄吹き消え限界に対する諸種の因子の影響などを明らかにし、この燃焼方法が実用燃焼器として有用であるとの見通しをえると共に、火炎の安定化など燃焼工学における基礎的問題にも多くの参考となる知見を与えている。また前記の蒸発機構とも関連して、新しい燃焼器における伝熱機構に関する資料を得るため、比較的实际状態に近い条件で、熱伝達率の測定を行ない、放射伝熱と対流伝熱を分離して検討し、燃焼壁面附近の混合ガスの燃焼効率、ガス温度、熱流束の分布など設計上重要な諸因子の推定方法をまとめている。

ついで、上記の諸種の基礎的研究結果に基づき、実際のエンジン燃焼器に近い箱型部分模型を試作して燃焼実験を実施し、実機状態に近い条件下での蒸発特性、燃焼特性その他の諸性能を総括的に明らかにし、各種運転条件との関係を詳細に検討した結果、運転条件の広い範囲で安定な青色炎燃焼が維持され、カーボンデポジットの発生を伴わないこと、燃焼効率も良好で高負荷燃焼に適することなどを確かめており、また希薄吹き消え限界と燃焼効率に及ぼす分流比の影響を明確にし、燃焼器が要求される性能に適した運転条件の選定方法を明らかにしている。

更に、上に得られた基礎的ならびに応用的研究結果を整理、総合して、新しく提案したU型蒸発燃焼器

の実際設計方法について、具体例をもととして検討し、主要諸元を決定し、基本設計図を作成して、設計方針を明らかにすると共に、他形式の燃焼器との長所、短所について論じ、本燃焼器が高負荷燃焼においても、すすの発生を伴わず製作価格が低廉で、コンパクトな構造を有するなどの特長を持っている、特にリフトエンジン用燃焼器、車輛用ガスタービン燃焼器としてすぐれていることを明らかにしている。これを要するに、本論文は著者の提案した新しい形式のガスタービン燃焼器の実用化を目的に、設計上必要な種々の基礎的ならびに応用的研究を進展せしめたもので、その実用化に大きな貢献をなすばかりでなく、主として燃焼工学上多くの重要な知見をえていて、学術上ならびに工業上寄与するところが少なくない。よって本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。