

「火焰ジェットカッター・実用機システム」(以下「カッター」と略す)を設計、試作、研究し、排水孔切断工事に使用し、一応の成果を収めたので報告を行う。

1 「カッター」の原理、構造等について

本「カッター」は、灯油と酸素を約20気圧のもとに燃焼させ、燃焼ガスをド・ラバールノズルを用いて加速し高温高圧の超音速噴流を発生させ、これにより鉄筋コンクリート等を溶融し、生成した高粘性のスラグを噴流の運動量により吹きとばし、切断または削孔を行うための装置である。その特徴とする点をあげると、普通のカッターと異なり、a)燃焼ガスの単位体積、単位時間当りに発生する熱量は $6 \times 10^9 \text{ kcal/atm} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{h}$ であり、著しく大である。b)燃焼ガスが高速であるため、単位時間、単位面積当り、コンクリートに伝達される熱量も著しく大きいことが推定される。c)発生した熱エネルギーの約40%が運動エネルギーに変換されているため噴流の運動量が大きい。d) a, b, c項により切断、削孔の能率が大きい。e)切断、削孔能率は陸上でも水中でも大差はない。f)陸上においては特有の騒音を発するが、水中では完全に消音される。等である。

「カッター」は本体および制御系から構成され、本体はド・ラバールノズル、燃焼室、インジェクター(灯油を噴霧し、酸素との混合気生成を助成する部分)、水冷ジャケット(燃焼室、その他を約3000°Kの高温から保護する)を含むバーナー部、延長管部、および、ホース接続部(灯油、酸素、冷却水の3本または4本のホースを接続する)からなり、制御系は、灯油系(大気圧の灯油を燃焼室に圧送し、制御、計測をおこなう)、酸素系(ボンベの高圧酸素を減圧し、燃焼室に供給し、制御、計測をおこなう)、冷却水系(バーナー部等を冷却するために、大気圧の淡水または海水を圧送し、制御、計測をおこなう)、電気系(動力制御、自動保護をおこなう)の4系統から構成され、酸素ボンベ、灯油缶、水受けを除き、一体の制御装置(コントローラー)に内蔵されている。

2 システム設計上の問題点および基本方針

問題点をあげると a) 高圧(30気圧)で多量の酸素を、高圧で多量の灯油と接近して取扱わねばならないので漏れ⇒引火⇒火災、爆発・破裂⇒爆風、破片飛散⇒火災・可燃性物質による内部汚染⇒自然発火、爆発等の危険性がある。b) 酸素系への灯油の逆流により逆火発生のおそれがある。両系はインジェクターを介して燃焼室で接続されており、灯油が酸素系へ逆流する機会が多い。表面を汚染された酸素系は、着火起動時に燃焼室から火焰の逆伝播をおこし、有機材料のホースやパッキンの在る位置まで達すると、これらも焼失してしまう。この結果、火種を伴った酸素の大量放出をおこし、非常に危険である。逆流を完全に防止するためには、有機材料のパッキンが必要で、これを保護するためには、これより手前で、火焰の逆伝播を阻止しなければならない。c) 高温高速の火焰を裸火で利用しなければならない。d) 排気ガスは高温の炭酸ガスを主体とするもので、水中や露天の場合を除いて換気が必要となる。等である。

基本方針は e) 保安の最優先。正常な使用状態で事故等が発生しないことはもとより、重大事故を誘発する可能性のある誤操作を不可能にするような構成、構造にする(例、灯油系ホースと酸素系ホースを異径にして、誤接続を不可能にする等)。また、誤操作や故障が事故や破損を招かないような構成とする(例、高圧の灯油系や酸素系に安全弁を設け、誤操作や圧力調整器の故障に由来する配管等の破断を予防する等)。f) 操作、保安の容易性。故障の頻度を下げるために構成を単純化し、操作箇所や部品の個数を極力減らす。装置の要求する制約が現場の作業能率を低下させないようにする。g) 製作費の軽減。直接必要と考えられる機能以外は省略し(例、着火起動は手動でおこなう等)、部品は、多量生産による市販品から転用する(例、油圧用ポンプを灯油

ポンプとして転用したため約40万円を節減)。h) 最小限の自動保安、自動保護装置。過去の経験から発生頻度の高いと判断された事項に対してのみ自動装置を設ける(例、冷却水流水停止時または停電時にバーナー部を溶損しないための自動消火停止装置、逆火防止器等)。等を主に考へ、性能上の多少の無駄はやむをえないことにし、次の研究課題として残すことにする。

3 「カッター」の構成、機能、安全性について。

構成、機能について説明すると a) 酸素系の流れ図を示すと、(ポンプ(最高150気圧)⇒温度調節器⇒圧力調整器(約30気圧)⇒安全弁⇒流量制御弁⇒緊急停止電磁弁⇒圧力計⇒エクスフロー弁⇒ホース⇒逆止弁⇒逆火防止器⇒バーナー部)である。温度調節器は、圧力調整器によるジュールトムソン冷却が、同器、配管、ホース等の凍結、強度低下、脆化を起させないよう、あらかじめ温度低下分を補償する。緊急停止電磁弁は、緊急時に、切削作業員又は制御盤操作者のスイッチ操作により、又は冷却水流水停止時に自動的に作働し、酸素の供給を断ち消火停止をおこなう。エクスフロー弁は非線型特性を持ち、万一ホースの破裂等により大量の酸素が放散されようとした場合、自動的に作働して、これを抑止する。逆止弁は灯油の逆流を完全に防止し、逆火防止器は火焰の逆伝播を完全に阻止する。b) 灯油系の流れ図を示すと、(ドラム缶⇒灯油ポンプ(約30気圧)⇒安全弁⇒流量制御弁⇒圧力計⇒流量計⇒ホース⇒逆止弁⇒ストレーナー⇒バーナー部)である。ベビコンを内蔵し、作業終了後に、圧気により系内の灯油を排除する。c) 冷却水系の流れ図を示すと、(水受け(ドラム缶)⇒ポンプ⇒フロースイッチ⇒逆止弁⇒圧力計⇒貯水器⇒弁⇒ホース⇒バーナー部)である。フロースイッチは冷却水の流量減少又は停止を検出して、緊急停止電磁弁に信号を送る。貯水器は消火完了まで冷却水流を維持させる。冬期には、前記ベビコンの圧気により水を排除して凍結を防止する。d) 電気系の内、緊急停止部分の流れ図を示すと、(フロースイッチ(Normally Open)⇒緊急停止電磁弁(Normally Close)⇒制御盤押ボタンスイッチ⇒作業員用緊急停止スイッチ)である。これらは直列に接続されており、どれか一個がOFFになると停止し、停電の場合も停止する。等である。

安全性に対する配慮は次の通りである。e) 制御系は、充分な強度のフレーム内に組込まれており、底面や側面は風通しをよくしてあるので、輸送中に配管等に漏えいを生じたり、ガスがこもったりすることはない。f) 使用した材質は主として銅で、他はステンレス、真鍮、テフロン、バイトンであるが、鉄や軽合金は、発火燃焼しやすいので避けた。g) 耐圧に対する安全係数は、灯油、酸素系とも7~13倍で設計し、耐圧試験は常用圧力の1.5倍をかけた。h) 逆止弁、逆火防止器の性能は、試験基準を設け、これに従って各個に実施し、満足すべき結果を得ている。i) 緊急時における消火停止時間は、操作後約5秒であり、冷却水流水持続時間は2分以上である。j) 始業点検、運転操作、定期点検整備は、マニュアルに従っておこなわれている。

4 結論

本「カッター」は一部消耗部品を除くと、延べ200時間を超える稼働実績を持ち、試験的に小規模な解体工事に使用されたこともある。この間、幸にして、人身事故を起すことはなかったが、種々の故障、破壊事故が発生し、これらの経験を基に研究、改良を重ね、一応、実用機システムの原型と考えられる段階に到達することができた。また、排水孔切断工事に使用した結果、安全性に関しては、本質的な問題を残していないとの確信が得られた。今後は、さらに二重三重に安全性を高めてゆくとともに、無駄を省き、運転経費や製作費の節減、作業効率および性能の向上を含む極限設計を志向しなければならない。

本研究は住友建設、K技術研究所各位の御助力に負うところが大きい。謹んで感謝の意を表する。